

THESES

présentées à la

FACULTÉ DES SCIENCES DE NANCY

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR-INGENIEUR

par

Noël APPERT

Ingénieur Civil des Mines

PREMIERE THESE : ETUDE DES DEFORMATIONS DES VOIES SOUMISES
A L'INFLUENCE DES DEUX TAILLES QU'ELLES DESSERVENT.

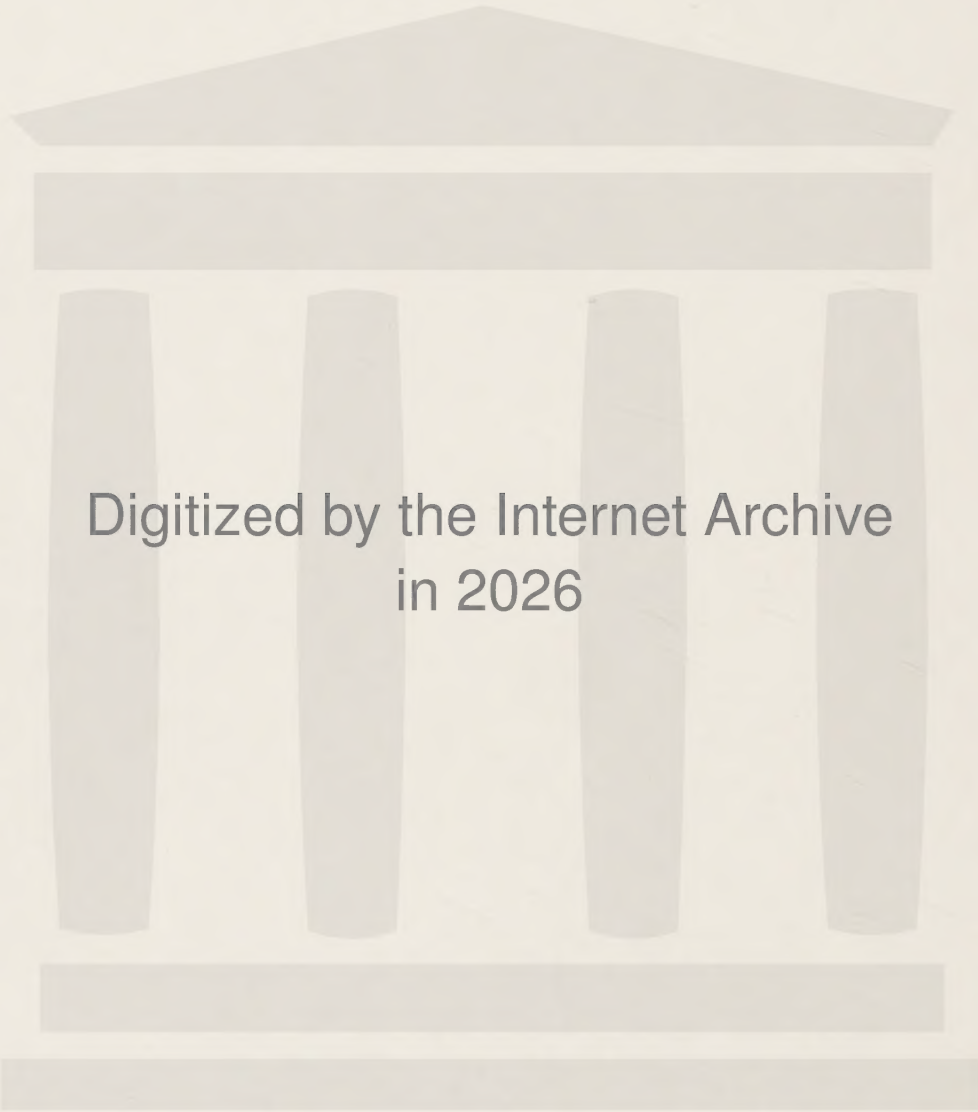
DEUXIEME THESE : PRINCIPES DES CALCULS D'AERAGE.

Soutenues publiquement le 8 Mars 1967 devant la Commission d'Examen

Président : M. B. SCHWARTZ

Examineurs : MM. BERNARD
CHAMBON
PROUST

TEXTE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555020_0017

UDART & CLÉMENT

RELIEURS

11, RUE SAINTE-ANNE. 11

TÉLÉPH. 52.80.09 - NANCY

THESES

présentées à la

FACULTÉ DES SCIENCES DE NANCY

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR-INGENIEUR

par

Noël APPERT

Ingénieur Civil des Mines

**PREMIERE THÈSE : ETUDE DES DEFORMATIONS DES VOIES SOUMISES
A L'INFLUENCE DES DEUX TAILLES QU'ELLES DESSERVENT.**

DEUXIÈME THÈSE : PRINCIPES DES CALCULS D'AERAGE.

Soutenues publiquement le 8 Mars 1967 devant la Commission d'Examen

Président : M. B. SCHWARTZ

Examineurs : MM. BERNARD
CHAMBON
PROUST

UNIVERSITY OF LEIDEN

1911

FACULTÉ DES SCIENCES DE NANCY

1911

LE GRADE DE DOCTEUR-INGÉNIEUR

1911

1911

1911



UNIVERSITY OF LEIDEN - LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF LEIDEN

UNIVERSITY OF LEIDEN - LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF LEIDEN

UNIVERSITY OF LEIDEN - LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF LEIDEN

UNIVERSITY OF LEIDEN - LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF LEIDEN

Doyen : M. AUBRYAssesseur : M. GAYDoyens honoraires : MM. CORNUBERT - DELSARTE - ROUBAULT.Professeurs honoraires : MM. CROZE - RAYBAUD - LAFFITTE - LERAY - JULY - LAPORTE - EICHHORN - GODEMENT - DUBREUIL - L. SCHWARTZ - DIEUDONNE - DE MALLEMANN - LONGCHAMBON - LETORT - DODE - GAUTHIER - GOUDET - OLMER - CORNUBERT - CHAPELLE - GUERIN - WAHL.Maîtres de conférences honoraires : MM. LIENHART - PIERRET.PROFESSEURS

MM.	DELSARTE	Analyse supérieure	MANGENOT	Botanique
	ROUBAULT	Géologie	GAYET	Physiologie
	CAPELLE	Mécanique rationnelle	BONVALET	Mécanique appliquée
	VEILLET	Biologie animale	HADNI	Physique
	BARRIOL	Chimie théorique	* BASTICK	Chimie
	BIZETTE	Physique	DUCHAUFOUR	Pédologie
	GUILLIEN	Electronique	GARNIER	Agronomie
	GIBERT	Chimie physique	NEEL	Chimie organique
	LEGRAS	Mécanique rationnelle		industrielle
	BOLFA	Minéralogie et cristallographie	BERNARD	Géologie appliquée
	NICLAUSE	Chimie	* CHAMPIER	Physique
	FAIVRE	Physique appliquée	* GAY	Chimie biologique
	AUBRY	Chimie minérale	STEPHAN	Zoologie
	COPPENS	Radiogéologie	* CONDE	Zoologie
	DUVAL	Chimie	* WERNER	Botanique
	FRUHLING	Physique	EYMARD	Calcul différentiel et intégral
	HILLY	Géologie	LEVISALLES	Chimie organique
	LE GOFF	Génie chimique	Mme HERVE	Méthodes Mathématiques de la physique
	SUHNER	Physique expérimentale		
	CHAPON	Chimie biologique	* GOSSE	Mécanique physique
	HEROLD	Chimie minérale industrielle	FELDEN	Physique
	SCHWARTZ B.	Exploitation minière	* DAVOINE	Physique (ENSMIN)
	* MALAPRADE	Chimie	N....	Chimie biologique

Maîtres de Conférences

Mme	BASTICK	Chimie M.P.C. (Epinal)	MARTIN	Chimie M.P.C.
MM.	GUDEFIN	Physique	PAULMIER	Mécanique expérimentale
	ROCCI	Géologie	VILLERMAUX	Génie chimique
	VUILLAUME	Psychophysiologie	PROTAS	Minéralogie
	FRENTZ	Biologie animale	JOZEFOWICZ	Physico-chimie
	HORN	Physique propédeutique	JURAIN	Géologie (S.P.C.N.)
	LAFON	Physique (I.S.I.N.)	COURTILLOT	Mécanique des fluides
	MARI	Chimie (I.S.I.N.)	METCHE	Biochimie appliquée (Brasserie)
	AUROUZE	Géologie		
	DEVIOT	Physique du solide		
	FLECHON	Physique M.P.C.		
Mlle	HUET	Mathématiques S.P.C.N.		
	VIGNES	Métallurgie		
	BALESSENT	Thermodynamique chimique appliquée	N....	Probabilités et statistiques
	BLAZY	Minéralogie appliquée (E.N.S.G.)	N....	Mécanique (I.S.I.N.)
	JANOT	Physique M.P.C. (Epinal)	N....	Mathématiques
	JACQUIN	Pédologie et chimie agricole	N....	Mathématiques M.P.C.
	MAINARD	Physique M.G.P.	N....	Mathématiques S.P.C.N.
	CACHAN	Entomologie appliquée (E.N.S.A.)	N....	Mathématiques appliquées
			N....	Physiologie animale
			N....	Mathématiques M.P.

* Professeur titulaire à titre personnel

ETUDE DES DEFORMATIONS DES VOIES
SOUMISES A L'INFLUENCE DES DEUX
TAILLES QU'ELLES DESSERVENT

AVANT-PROPOS

Nous remercions vivement

Monsieur Bertrand SCHWARTZ

Professeur à la Faculté des Sciences de la Faculté de Nancy,
Directeur Honoraire de l'Ecole Nationale Supérieure de la
Métallurgie et de l'Industrie des Mines,
Directeur du Centre Universitaire de Coopération Economique
et Sociale,
Directeur de l'Institut National de Formation des Adultes,

qui nous a dirigé dans la réalisation de ce travail.

Nous remercions également :

Monsieur PROUST

Directeur de l'Exploitation aux Houillères du Bassin du Nord
et du Pas-de-Calais,

Monsieur BERNARD

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy,
Sous-Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie
et de Prospection Minière,

Monsieur CHAMBON,

Docteur ès-Sciences appliquées,
Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure de la Métallurgie
et de l'Industrie des Mines de Nancy,

qui nous ont fait l'honneur de participer à notre Jury.

Nous remercions Messieurs les Directeurs du Centre d'Etude
et de Recherche des Charbonnages de France qui, en nous accordant une
bourse, nous ont permis de présenter cette thèse.

Nous remercions Messieurs les Directeurs et Ingénieurs des
Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais, et des Houillères du
Bassin de Lorraine, qui ont contribué à la réalisation des campagnes
des mesures.

La plupart de ces campagnes ont bénéficié de l'aide financière de
la Haute Autorité de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier.

PLAN DE LA THESE

INTRODUCTION

I. Objectifs de l'étude	2
II. Rappel sur les études antérieures	5
1° Méthode des mesures	5
2° Interprétation des mesures	6
III. Méthode d'étude	
1° Mesures	19
2° Interprétation des mesures	23
IV. Présentation des campagnes	24
V. Plan de l'étude	26
Rappel de quelques définitions	27

CHAPITRE I. INFLUENCE DU DECALAGE DES TAILLES SUR LA CONVERGENCE.

I. Hypothèses	30
II. Résultats expérimentaux	34
III. Intérêt pratique	42

CHAPITRE II. ETUDE DES DOUBLE-UNITS A FRONTS ALIGNÉS.

I. Présentation des chantiers	46
II. Hypothèses	50
III. Résultats	54
IV. Résumé des principaux résultats	64

CHAPITRE III. ETUDE DE DEUX PASSAGES DE TAILLE INDEPENDANTS

I. Présentation des chantiers	67
II. Description des phénomènes	70
III. Recherche des facteurs ayant une influence sur les c onvergences dues à la deuxième taille	87
IV. Essai de synthèse	98

CONCLUSION

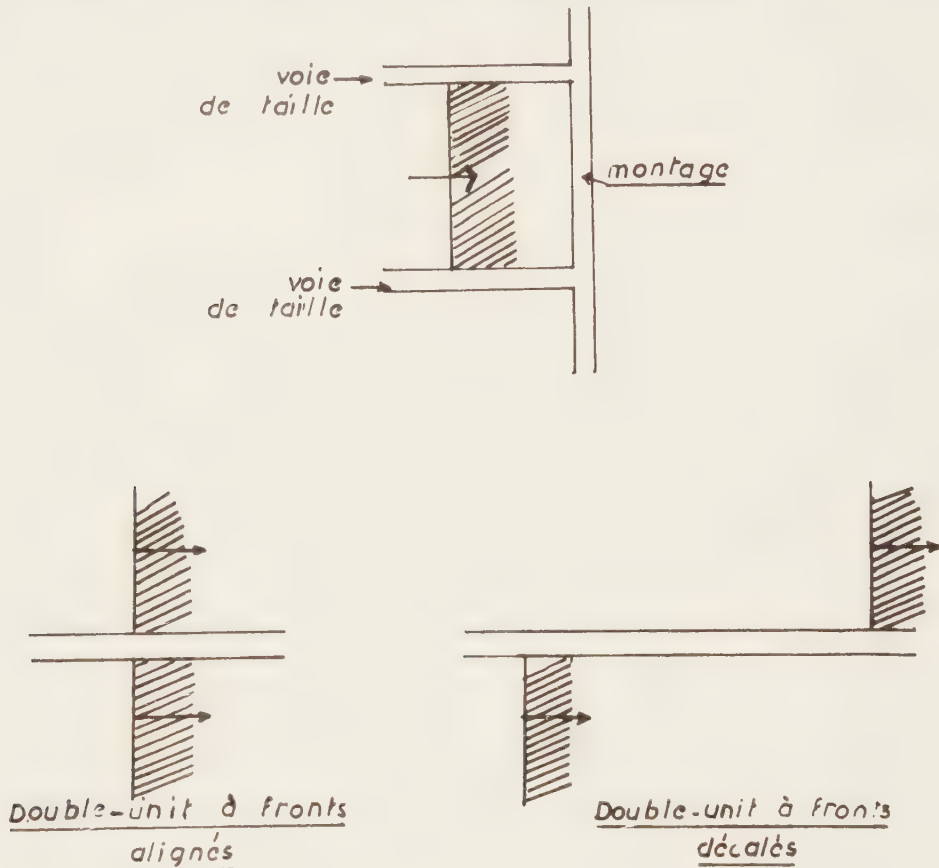
I. Résumé de la thèse	102
II. Perspectives d'avenir	109

INTRODUCTION

I - OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'exploitation d'une taille est suivie d'un affaissement des terrains sus-jacents qui provoque d'importantes détériorations dans les voies limitant le panneau exploité et permettant d'accéder à la taille. Ces détériorations sont particulièrement importantes lorsqu'on exploite les deux panneaux qui se trouvent de part et d'autre de la voie à tel point que l'on préfère souvent, après exploitation de l'un d'eux, recreuser une nouvelle voie pour l'exploitation de l'autre. Le maintien d'une section ouverte suffisante pour la circulation du personnel et du matériel, pour l'aérage des chantiers et pour le déblocage du charbon présente de grosses difficultés. On est très fréquemment obligé de procéder, au voisinage du déversement des tailles, à d'importants travaux de remise à section : rabaissage du mur ou rauchage du toit. Ces opérations faites dans de mauvaises conditions - la voie est toujours très encombrée dans cette zone - grèvent considérablement le prix de revient et obligent souvent à ralentir la marche des chantiers.

Parmi les voies qui limitent un panneau en exploitation, nous distinguons les montages qui sont parallèles au front de taille et les voies de taille qui lui sont perpendiculaires. La présente étude porte sur les déformations des voies de taille dans des veines en plateure (pendage $< 20^\circ$), influencées par l'exploitation des deux panneaux qu'elles délimitent. L'exploitation des deux tailles peut se faire simultanément (double-unit) ou successivement. Les double-units peuvent être à fronts alignés ou décalés.



Les études menées en voies jusqu'à présent avaient presque toutes porté sur l'influence du premier passage de taille (exploitation du premier panneau); au moment du deuxième passage, en effet, la voie est généralement en très mauvais état, très encombrée et les travaux d'entretien rendent délicates les mesures les plus simples. Si,

malgré ces difficultés, nous avons entrepris d'étudier l'influence de ce deuxième passage, c'est qu'à cause même de l'importance des déformations, ces voies posent de très gros problèmes d'entretien et de gestion. La question est particulièrement importante au moment où les dirigeants des Bassins cherchent à mettre au point des méthodes rationnelles de gestion des voies. Dans ce but, on tend de plus en plus à conserver la voie qui a servi pour l'exploitation de la première taille jusqu'au passage de la seconde, l'utilisation d'exploitations rabattantes permettant le foudroyage de la voie après le passage de la seconde taille.

II - RAPPEL SUR LES ETUDES ANTERIEURES

Les études qui font l'objet de cette thèse s'inscrivent dans un cadre beaucoup plus large : celui des recherches que mène depuis plusieurs années le Laboratoire de Mouvements de Terrains de l'Ecole des Mines de NANCY. Nous avons bénéficié de l'expérience acquise au cours des études précédentes. Celles-ci avaient permis en particulier de mettre au point des méthodes de mesure et d'interprétation de ces mesures que nous avons reprises et que nous allons présenter maintenant. A propos de chacune d'elles, nous donnerons les résultats trouvés dans l'étude de l'influence du passage de la première taille seule.

1° Méthodes de mesures

Les mesures, traditionnellement utilisées dans l'étude des phénomènes de pressions de terrains, étaient des mesures de contrainte. On a montré que, quelles que soient les précautions prises, ces mesures dépendaient beaucoup de l'appareil utilisé et n'étaient, par conséquent, pas représentatives des contraintes réelles in situ. Il était bien préférable de faire appel à des mesures de déformation qui ne présentaient pas cet inconvénient.

a) Mesures de convergence

Les mesures de convergence constituent un moyen commode pour caractériser ces déformations. Rappelons qu'on appelle ainsi le rapprochement de deux broches fixées l'une au toit, l'autre au mur, sur une même perpendiculaire aux épontes. L'ensemble de ces deux broches constitue un doublet de mesure, l'ensemble de plusieurs doublets situés dans une même section perpendiculaire à la voie constitue une station de mesure et un ensemble de stations constitue une zone de mesure.

Ces mesures présentent de nombreux avantages :

- elles permettent de connaître très facilement la hauteur

restante, grandeur qui intéresse directement le mineur pour la circulation du personnel et du matériel.

- elles sont simples, ce qui est une qualité très importante pour des mesures qui sont faites au fond. La mine ne constitue pas, tant s'en faut, un laboratoire idéal. Les voies de taille en particulier sont généralement encombrées et l'air y est souvent humide et empoussiéré. Dans ces conditions un matériel de mesure simple et robuste est doublement apprécié par le mineur et le chercheur.

- elles prennent peu de temps, ce qui permet de prendre un grand nombre de mesures et d'utiliser des méthodes statistiques. Cela est pratiquement indispensable étant donné la complexité des phénomènes miniers.

- elles sont précises (environ ± 1 mm).

b) Mesures d'expansion des bancs du toit

Pour préciser le comportement des bancs du toit on peut mesurer simultanément les convergences de plusieurs doublets proches les uns des autres et dont les broches du toit sont ancrées à des hauteurs différentes; la différence des convergences de deux doublets voisins, ayant même broche de mur, donne l'expansion des terrains entre les deux bancs où sont ancrées les broches du toit.

Pour le passage de la première taille seule, ces mesures ont montré que les expansions sont beaucoup plus importantes côté massif que côté taille.

2°. Interprétation des mesures

a) Courbes de convergence en fonction du temps et en fonction de la distance du front de taille

Pour représenter graphiquement l'évolution des convergences lors du passage d'une taille, on peut soit les porter en fonction du

temps, soit en fonction de la distance du front de taille (1).

Si la vitesse d'avancement est constante, les courbes tracées en fonction du temps et en fonction de la distance sont identiques; elles ont une forme en S dont le point d'inflexion est voisin du passage à l'aplomb de la station, généralement quelques mètres après (voir, à titre d'exemple, la figure 1). Par contre, en cas de marche irrégulière des tailles, les formes sont un peu différentes. Un arrêt de taille, en particulier, provoque un freinage sur la courbe en temps et une discontinuité sur la courbe en distance (voir, à titre d'exemple, la figure 2).

Lorsque la voie est soumise à l'influence d'une seule taille ou de deux tailles avançant avec un décalage constant, il est préférable de tracer les courbes en fonction de la distance car ce mode de représentation se prête mieux à la comparaison des chantiers entre eux. Par contre lorsque la voie est soumise simultanément à l'influence de deux tailles avançant avec un décalage variable, on est obligé d'utiliser les courbes tracées en fonction du temps, car la forme des courbes tracées en fonction de la distance dépend du front par rapport auquel la distance est mesurée.

Pour comparer des courbes de convergence deux méthodes ont été utilisées :

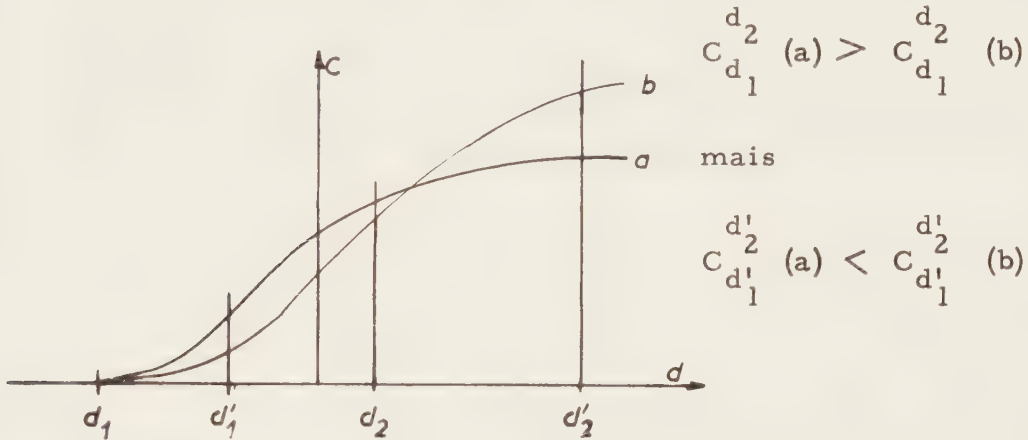
(1) On adopte , pour la distance d , la convention de signe suivante :

$d < 0$ lorsque le front de taille n'a pas encore atteint la station
(phase d'avant passage),

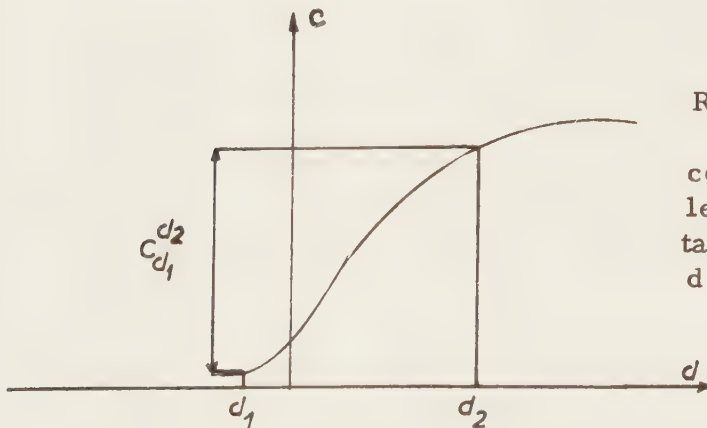
$d > 0$ lorsque le front de taille a dépassé la station
(phase d'après-passage).

De plus, la distance est toujours mesurée par rapport au front de taille et non par rapport au front de la niche. Celle-ci étant dans la plupart des cas de petites dimensions, n'a qu'une influence secondaire sur les déformations.

- La première consiste à comparer les paramètres $C_{d_1}^{d_2}$ relevés sur les courbes pour différentes valeurs de d_1 et d_2 (1). Cette méthode présente un inconvénient : comme le montre le schéma ci-dessous, si les courbes ont des formes différentes, les conclusions peuvent dépendre des valeurs choisies pour d_1 et d_2 :



(1)



Rappelons qu'on appelle $C_{d_1}^{d_2}$ la convergence d'un doublet pendant le temps où la distance de la taille à ce doublet est passée de d_1 à d_2 .

- La seconde méthode consiste à rechercher un modèle mathématique des courbes et à comparer les paramètres d'ajustement. Il s'est avéré difficile de trouver une fonction mathématique simple qui rende compte de l'ensemble de la courbe. D'ailleurs, pour la compréhension des phénomènes, il est souhaitable de dissocier les phases d'avant et d'après-passage qui correspondent à des conditions physiques différentes (le toit repose, côté exploitation, sur le charbon dans la phase avant-passage et sur l'épi de remblai dans la phase après-passage). C'est ainsi que, pour le passage de la première taille seule, on a montré que les phases d'avant et d'après-passage sont passibles d'une bonne représentation logarithmique de la forme :

$$C - C_0 = -a \log \left(1 - \frac{d}{u} \right) \quad \text{pour l'avant-passage (1)}$$

$$C - C_0 = a \log \left(1 + \frac{d}{u} \right) \quad \text{pour l'après-passage.}$$

On peut donc résumer chaque phase par la valeur des deux paramètres a et u . Notons toutefois que l'utilisation d'ajustements n'est possible que si les courbes sont assez régulières ce qui n'est pas toujours le cas en pratique (il faut en particulier que la vitesse d'avancement soit sensiblement constante).

b) Courbes moyennes

Pour une même voie, les courbes de convergence de deux doublets appartenant à deux stations différentes mais occupant dans ces stations la même position, ne sont pas superposables; les amplitudes des convergences finales en particulier peuvent être assez différentes. Ces variations des convergences le long de la voie peuvent s'expliquer par le fait que l'ouverture exploitée et les caractéristiques mécaniques des terrains sus-jacents ne sont pas parfaitement constantes. La présence d'une faille en particulier peut modifier considérablement les propriétés des terrains.

(1) Pour l'avant-passage, les convergences étant faibles (environ $1/10$ qW au passage de la taille), on peut trouver des ajustements corrects avec n'importe quelle courbe mathématique croissante. On a retenu les courbes logarithmiques pour avoir la même fonction pour les phases avant et après-passage.

L'importance de la dispersion a rendu nécessaire l'introduction de caractéristiques statistiques pour résumer les déformations de la voie. On utilise surtout la moyenne et le coefficient de variation (rapport de l'écart - type à la moyenne) de para-

mètres $C_{d_1}^{d_2}$ relevés sur les courbes de tous les doublets. Les calculs étant relativement longs et fastidieux, on a pris l'habitude de calculer systématiquement pour chaque campagne les " courbes moyennes " (une pour le milieu de la voie et une pour chaque côté). Ces courbes permettent d'obtenir, par simple lecture, la valeur moyenne

d'un paramètre $C_{d_1}^{d_2}$ quelles que soient les valeurs de d_1 et d_2 .

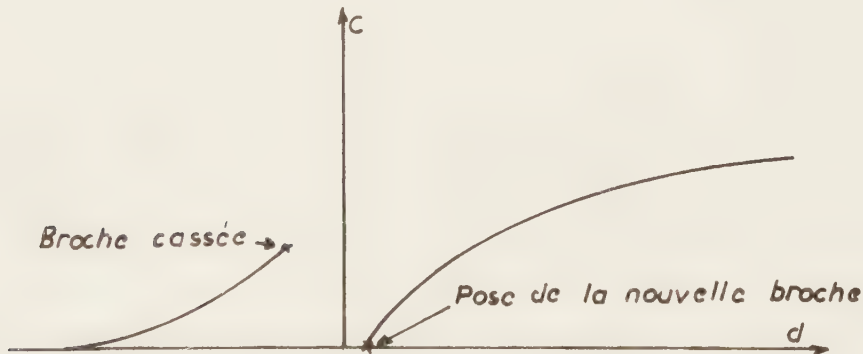
Mais, comparer les valeurs moyennes de paramètres $C_{d_1}^{d_2}$ pour différentes valeurs de d_1 et d_2 , revient à comparer, par points, les courbes moyennes. On a pensé qu'il était préférable de remplacer la comparaison de paramètres moyens par la comparaison des courbes moyennes elles-mêmes. Pour faire cette comparaison, l'utilisation d'ajustements à des courbes mathématiques est très commode; les courbes moyennes sont en effet très " régulières " et permettent, de ce fait, des ajustements précis. En particulier, la convergence qui se donne pendant un arrêt de taille et qui se traduit sur les courbes de tous les doublets par une discontinuité, est, comme nous le verrons un peu plus loin, répartie sur l'ensemble de la courbe moyenne.

Pour calculer ces courbes moyennes, on utilise un tableau à double entrée (voir à titre d'exemple celui de la page 12). A chaque colonne correspond une tranche de distance de 10 mètres et à chaque ligne la courbe d'un doublet. Dans la case qui est au croisement de la ligne i et de la colonne j , on porte la valeur du paramètre $C_{d_1}^{d_2}$ $j - 1$

lue sur la courbe de la station i . On obtient les ordonnées des points de la courbe moyenne qui ont pour abscisses les limites de classes en faisant la moyenne de chaque colonne et le cumul des valeurs obtenues. En portant ces valeurs sur un graphique et en joignant avec continuité, on obtient la courbe moyenne (voir figure 3).

Remarques :

1 - Si d_0 représente la distance pour laquelle commencent les mouvements, il est plus simple de porter dans chaque case la valeur de $C \frac{d_j}{d_0}$ lue sur la courbe. En faisant ensuite la moyenne par colonne, on obtient les ordonnées des points de la courbe moyenne sans avoir à faire de cumul. Mais cette méthode présente l'inconvénient suivant : supposons, ce qui arrive souvent, qu'une des broches ait été cassée ou arrachée et remplacée quelques jours plus tard. On ne peut plus tracer la courbe de convergence complète du doublet correspondant puisqu'on ne connaît pas la convergence entre le moment où la broche a été cassée et celui où elle a été reposée, mais on dispose de deux branches de courbe dont la seconde a pour origine la pose de la nouvelle broche.



courbe de convergence d'un doublet
dont une broche a été cassée

HENIN-LIETARD

KVC 124 de Joséphine

Tableau de la courbe de convergence moyenne pour les doublets A G
 (Les convergences sont en mm)

	C ⁻³⁰ -40	C ⁻²⁰ -30	C ⁻¹⁰ -20	C ⁰ -10	C ⁺¹⁰ 0	C ⁺²⁰ +10	C ⁺³⁰ +20	C ⁺⁴⁰ +30	C ⁺⁵⁰ +40	C ⁺⁶⁰ +50
Stat 1	10	25	30	67	143	90	62	33		
Stat 2	5	13	5	35	77	50	37	23	10	
Stat 3	2	6	20	10	52	73	37	35	20	
Stat 4	0	6	17	24	40	73	40	35	12	
Stat 5	0	5	13	32	28	42	40	22	13	11
Stat 6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Stat 7	3	3	7	25	40	35	35	40	30	
Stat 8	3	0	4	8	23	50	17	23	28	
Stat 9	2	2	7	24	27	22	26	15	20	
Stat 10	0	6	4	15	45	25	13	9	11	17
Moy.	3	7	12	27	53	51	34	26	18	14
Moy. cum.	3	10	22	49	102	153	187	213	231	245

Cette nouvelle méthode ne permet pas d'utiliser la seconde branche de courbe , puisqu'on ne peut pas connaître, pour les abscisses correspondantes, la convergence depuis l'origine des mouvements. Par contre, la précédente permet d'utiliser les deux branches et par conséquent de tirer un meilleur parti de l'information dont on dispose.

2 - Un arrêt de taille se traduit sur les courbes de tous les doublets par des " sauts ", situés à des abscisses différentes puisque les stations se trouvent toutes à des distances différentes du front. La convergence correspondant à ces sauts se trouve donc répartie dans les différentes colonnes du tableau de courbe moyenne de sorte que l'arrêt ne se manifeste pas sur celle-ci par une discontinuité (voir à titre d'exemple la figure 4).

3 - L'utilisation de courbes moyennes suppose que les courbes dont on fait la moyenne soient assez homogènes. Il faut en particulier que les courbes soient sensiblement affines, ce qui est généralement vérifié. Nous verrons cependant le cas de trois campagnes de Lorraine pour lesquelles on peut distinguer , en après-passage, deux familles de courbes ayant des formes nettement différentes. Pour ces campagnes, les courbes moyennes d'après-passage n'ont pas de sens.

4 - Il arrive que la convergence d'un doublet soit perturbée par un phénomène accidentel connu ne faisant pas l'objet de l'étude. Nous avons, par exemple, éliminé du tableau de courbe moyenne, de la page 12, les mesures de la station 6 qui étaient anormalement fortes à cause d'une faille située à proximité. Ces éliminations sont souvent nécessaires si l'on ne veut pas fausser la courbe moyenne; mais il convient d'éviter toute élimination arbitraire. On voit, à travers cet exemple, que l'établissement d'un tableau de courbe moyenne cohérent demande toute une discussion qui constitue l'une des phases du dépouillement d'une campagne.

Les courbes moyennes ont été utilisées, dans la comparaison de voies influencées par un premier passage de taille, pour tabuler une courbe qui permet de prévoir les convergences moyennes côté taille, lorsque la taille est foudroyée et la voie protégée par un épi de remblai.

Ayant remarqué que les courbes moyennes, relatives au côté taille, avaient, pour toutes les voies, des formes semblables et que leurs amplitudes étaient sensiblement proportionnelles à qW (1), on les a superposées en divisant les convergences par qW . Les courbes obtenues ne se superposaient pas parfaitement mais formaient cependant un faisceau de courbes très voisines. La courbe de la figure 5 représente la tendance centrale de ce faisceau.

Pour prévoir à l'avance la convergence moyenne du doublet situé côté taille, dans une voie influencée par un premier passage de taille, à une distance d du front, il suffit de multiplier par qW la convergence lue sur cette courbe. Cette prévision n'est pas très précise au voisinage du passage de la taille mais elle est correcte pour la convergence finale.

Ceci nous montre que, pour le passage de la première taille, les facteurs prépondérants sur l'amplitude de la convergence sont l'ouverture exploitée W et le mode de traitement de l'arrière-taille (chiffré par q). Ces résultats peuvent toutefois être un peu modifiés par la présence d'une ancienne exploitation au-dessus de la voie : la présence d'un stot dans une veine sus-jacente a pour effet d'augmenter la convergence dans la zone qui est située à l'aplomb. Si, au contraire, l'exploitation de la veine sus-jacente a été totale, la convergence est légèrement diminuée (2).

c) Amplitude de la convergence finale - loi du qW

L'étude de la convergence finale présente un intérêt particulier, car c'est elle qui détermine la section à donner à la voie, lors du creusement, si l'on veut que celle-ci puisse être utilisée, sans

(1) W est l'ouverture exploitée et q le coefficient de remblayage qui vaut environ :

$q = 1$	pour une taille foudroyée
$q = 0,5$	pour une taille remblayée pneumatiquement
$q = 0,3$	pour une taille remblayée hydrauliquement.

(2) "Prévisions des convergences dans les voies influencées par la taille qu'elles desservent " Schwartz, Chambon, Decomps, Viallet R.I.M. Septembre 1963.

remise à section, jusqu'à la fin de l'exploitation. Dans l'étude des montages, on a trouvé que la convergence finale, après exploitation des panneaux situés de part et d'autre du montage, est généralement voisine de qW . C'est ce que nous appelons la " loi du qW ". Ce résultat peut s'interpréter simplement de la façon suivante : les terrains miniers se présentent sous forme d'un empilement de couches sédimentaires. q étant le coefficient de remblayage, le déhouillement d'une veine de charbon d'épaisseur W entraîne en taille une convergence des épontes de qW . Après exploitation des panneaux situés de part et d'autre d'une voie, la convergence dans la voie doit être voisine de la convergence en taille et donc voisine de qW .

On comprend que cette loi ne soit pas très précise car la réalité est, en fait, plus complexe :

- le vide créé par la voie provoque des déformations locales - soufflage du mur et flexion des bancs du toit - qui ont pour effet d'augmenter la convergence.

- l'existence du soutènement et des épis de remblai qui ont pour but de protéger la voie peut limiter la convergence. Si l'on peut raisonnablement penser que la force portante du soutènement est tout-à-fait négligeable devant le poids des terrains, on peut s'interroger sur l'influence des épis.

d) Etude des déformations dans une section perpendiculaire à l'axe de la voie - alignements

Ayant remarqué que les courbes de convergence de tous les doublets d'une même station ont des allures sensiblement affines, on a pris l'habitude de porter sur un graphique la convergence d'un doublet situé d'un côté de la voie en fonction de celle d'un doublet situé de l'autre côté. Si les courbes sont parfaitement affines, les points sont alignés sur une droite passant par l'origine dont la pente permet de caractériser le comportement relatif des deux doublets. En fait, on observe généralement plusieurs alignements (voir à titre d'exemple la figure 6) . Un alignement traduit une déformation régulière de la section, un changement de pente traduit une modification du régime des déformations. Ces graphiques permettent de les déceler et de déterminer les distances auxquelles elles se produisent.

Pour un premier passage de taille, on trouve généralement trois alignements. Le premier correspond à la phase avant-passage; sa pente est voisine de l'unité, il traduit une convergence symétrique des deux côtés de la voie. Le second qui correspond au passage de la taille, (depuis le passage jusqu'à vingt à trente mètres après) traduit le basculement des bancs du toit vers la taille, le comportement est dissymétrique. Le troisième, qui correspond au moment où le toit vient reposer sur l'épi de remblai, traduit à nouveau un comportement à peu près symétrique; sa pente est voisine de l'unité.

e) Etude de la dispersion des convergences le long de la voie - Profils

La convergence moyenne ne suffit pas pour résumer les déformations d'une voie, il faut la compléter par une caractéristique de dispersion. En effet, pour une même valeur de la moyenne, l'aspect de la voie en fin d'exploitation sera différent, suivant que la convergence aura même valeur tout le long de la voie ou qu'elle sera forte dans certaines zones et faible dans d'autres.

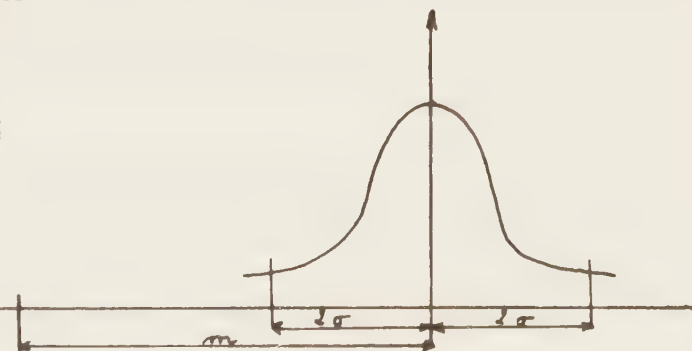
Pour un premier passage de taille, on a montré que, pour les doublets situés côté taille (ce sont ceux qui sont les plus intéressants car ce sont généralement ceux qui ont la convergence la plus forte) la convergence varie à peu près du simple au double (ce qui correspond à un coefficient de variation $\sigma / m \neq 0,17$ (1)) et que leur distribution

(1) En effet, si nous admettons que les convergences sont distribuées autour de la moyenne suivant une loi normale, ce qui a déjà été vérifié, il est peu probable d'observer des valeurs qui s'éloignent de la moyenne de plus de 2σ

On doit donc avoir :

$$2(m - 2\sigma) \neq m + 2\sigma$$

$$\rightarrow \frac{\sigma}{m} \neq 0,17$$



le long de la voie n'est pas aléatoire : en utilisant la technique statistique des corrélogrammes, on a pu mettre en évidence une périodicité des convergences finales le long de la voie (1).

Pour bien " visualiser " les déformations qui donnent naissance à cette périodicité au fur et à mesure de l'avancement des tailles, on a utilisé une méthode graphique, dite méthode des profils. Elle consiste à porter sur l'axe des abscisses les stations, en respectant à l'échelle choisie les distances qui les séparent et à porter à l'aplomb de chaque station la convergence à une date donnée. En joignant les points avec continuité, on obtient le " profil " longitudinal de la voie à la date considérée.

En traçant sur un même graphique les profils correspondant à différentes dates, il est possible de suivre l'évolution des déformations longitudinales de la voie (voir à titre d'exemple la figure 7). Dans le cas fréquent où les mouvements du mur sont peu importants, le profil sera une bonne schématisation de la déformée du toit. Si l'on dispose de mesures d'affaissements des broches du toit, on aura naturellement intérêt à tracer séparément le profil d'affaissement du toit et celui de montée du mur.

L'étude de ces profils dans le cas d'un premier passage, pour un doublet situé côté taille, a permis de montrer que la périodicité observée sur les convergences finales avait pour origine une flexion périodique des bancs que schématise la figure 8 : " partons d'un profil initial $A_1 B_1$, lorsque le front de taille progresse, A_1 se déplace horizontalement en A'_1 tandis que le point B_1 se déplace verticalement en B'_1 . La portée augmente encore tandis que le front progresse:

(1) " Périodicité des convergences le long des voies influencées par la taille qu'elles desservent " C.Chambon R.I.M. Déc. 1966

$A''_1 B''_1$, puis $A'''_1 B'''_1$. Pour un nouvel avancement du front, se produit un fléchissement du profil $A''''_1 B''''_1$ qui prend naissance au voisinage du front de taille. Ce fléchissement s'accroît et on retrouve la forme du profil initial $A_1 B_1$ en $A_2 B_2$ à partir duquel le même processus recommence "(1). Ce phénomène est sans doute dû à des ruptures périodiques des bancs supérieurs du toit.

L'existence d'une périodicité a des conséquences importantes pour l'implantation d'une zone de mesures : suivant que celle-ci se trouvera au voisinage d'un maximum ou d'un minimum, les résultats seront différents. Il faut, par conséquent, veiller à ce qu'une zone comprenne au moins une période complète. Celle-ci étant généralement comprise entre 20 et 50 mètres, nous avons étudié, chaque fois que cela était possible, des zones d'au moins 50 mètres avec une distance entre stations ne dépassant pas 5 m.

(1) " Périodicité des convergences le long des voies influencées par la taille qu'elles desservent " . Article déjà cité.

III - METHODE D'ETUDE

Nous avons repris pour notre étude les méthodes qui avaient été mises au point au cours des études antérieures, en modifiant ou complétant certaines d'entre elles.

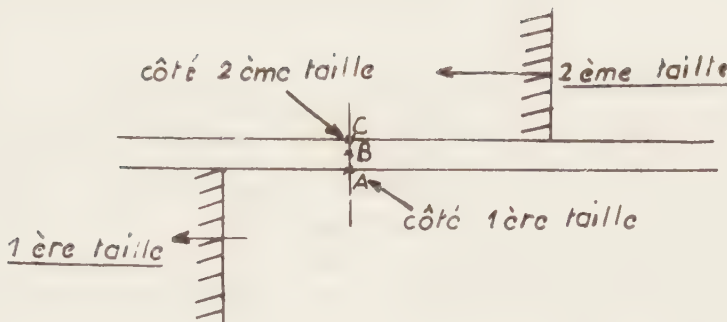
1 ° Mesures

a) Convergences

Comme dans les études précédentes et pour les mêmes raisons, nous avons beaucoup utilisé les mesures de convergence. Les broches utilisées étaient en bois pour le toit, en fer pour le daisne (les broches en bois cassent lorsqu'on " rabaisse " le daisne). Les mesures étaient prises à l'aide d'une canne télescopique graduée.

Les stations de mesure comportaient généralement trois doublets disposés comme l'indique la figure 9, c'est-à-dire les doublets étant perpendiculaires aux épontes et les doublets latéraux le plus proche possible des parements. Nous désignerons une broche par une lettre et un doublet par l'ensemble de deux lettres. Nous dirons par exemple que la station représentée figure 9 comporte trois doublets AG, BH et CI. Les lettres utilisées n'étant pas les mêmes dans tous les sièges, nous préciserons, à propos de chaque campagne, les conventions adoptées.

Lorsque les tailles sont décalées, les doublets situés des deux côtés de la voie ont des comportements différents. Nous utiliserons, pour les distinguer, l'ordre de passage des tailles : nous parlerons des doublets situés côté première taille et des doublets situés côté deuxième taille.



b) Mesures d'affaissement des broches du toit

Les mesures de convergence traduisent le rapprochement relatif des épontes mais elles ne permettent pas de dissocier les mouvements du toit et ceux du mur. Or toit et mur se déforment séparément et indépendamment. En dissociant leurs mouvements, il est plus facile de se représenter et d'expliquer leurs déformations. C'est pourquoi, dans l'une des campagnes (Marthe VC 9 au Siège 2 de Lens), malgré les grosses difficultés que présente un nivellement dans une voie soumise à l'influence de deux passages de taille, nous avons complété les mesures de convergence par des mesures d'affaissement vertical des broches du toit.

Ces mesures ont été faites avec un niveau optique à visées horizontales et une mire suivant les méthodes utilisées habituellement par les géomètres.

c) Mesures d'expansion

Lorsqu'on utilise la méthode classique, on rencontre la difficulté suivante : ou bien on place les broches du toit très proches les unes des autres, mais on risque d'affaiblir la roche et de favoriser les cassures, ou bien on les éloigne un peu, mais on peut craindre alors que les mesures ne soient faussées par le fait que les

points d'ancrage ne se trouvent plus sur une même perpendiculaire aux bancs.

Pour éviter ces difficultés, nous avons utilisé des " broches spéciales " qui sont reproduites figure 10. Elles sont, en fait, constituées de deux broches concentriques; la broche intérieure est une tige en fer fendue à son extrémité supérieure et ancrée comme les broches ordinaires par fente et coin; la broche extérieure, ancrée plus bas, est constituée de deux tubes concentriques. Le tube intérieur est un peu plus long que l'autre; il comprend à l'une des extrémités des ailettes, à l'autre, un filetage sur lequel vient se visser un écrou. Le tube extérieur bute en haut sur les ailettes et en bas sur l'écrou. Pour fixer cette broche, il suffit de serrer l'écrou; le tube extérieur remonte, éclate sur les ailettes et vient prendre prise sur les parois du trou. Pour faciliter l'éclatement, on a pratiqué, dans le haut du tube extérieur, des saignées verticales à la scie.

Ce dispositif permet d'avoir des points d'ancrage situés rigoureusement sur la même perpendiculaire aux bancs, tout en ne forant qu'un seul trou. Si, initialement, les extrémités inférieures des deux broches sont au même niveau, on obtient directement la hauteur de l'expansion entre les deux ancrages en mesurant la longueur dont la broche centrale est rentrée dans la broche tubulaire.

d) Mesure de l'ouverture exploitée

Les déformations de la voie ayant pour origine l'exploitation d'une taille, il est légitime de penser que l'ouverture exploitée doit avoir une influence déterminante sur l'amplitude des convergences; cela a d'ailleurs été confirmé par l'étude des déformations produites par la première taille seule. C'est pourquoi nous avons pris l'habitude de mesurer l'ouverture de la veine tout le long de la zone de mesure. Ces mesures ont été généralement prises dans la niche de taille, au passage de la première taille (au passage de la deuxième, l'ouverture est un peu réduite par le premier passage).

L'ouverture de la veine n'est pas parfaitement constante tout le long d'une voie, elle peut même être très irrégulière. Pour en donner une idée, nous avons représenté figure 11 le " profil des

ouvertures " de la campagne Marthe VC 9 (1). On peut voir que pour cette campagne l'ouverture varie entre 1,3 m et 2 m. Pour comparer la dispersion de l'ouverture le long de plusieurs voies, nous avons calculé, pour toutes les campagnes où nous disposions d'un nombre de mesures suffisant, le coefficient de variation de ces mesures. Les valeurs trouvées sont résumées dans le tableau ci-dessous.

	LORRAINE			NORD				
	NO 500	SO 385	NE 475	17 Ct	Pauline	Emilie VC1	Emilie VC2	Marthe
σ / m	0,03	0,06	0,04	0,20	0,09	0,12	0,18	0,10

On voit que la dispersion de l'ouverture est généralement plus importante dans le Nord ($0,1 < \sigma/m < 0,2$) qu'en Lorraine ($0,03 < \sigma/m < 0,06$).

Remarque

Nous avons également essayé de caractériser les mouvements par la réduction d'aire d'une section de la voie. Nous avons utilisé pour cela un planimètre qui reproduisait, à petite échelle, le profil de la section.

Cette méthode présente un avantage certain : celui de mesurer directement la grandeur qui intéresse le mineur pour l'aérage à savoir la section restante; mais elle présente aussi plusieurs inconvénients qui nous ont conduits à l'abandonner :

(1) Tous les jours, on mesurait la distance du front de taille à un point fixe et l'ouverture dans la niche de taille. Nous avons pu ainsi suivre et représenter avec précision les variations d'ouverture le long de la voie.

- Chaque mesure prend un temps assez long.
- Elle est très " aveugle " : elle ne permet pas de savoir si les mouvements viennent du toit, du mur ou d'un fluage latéral du charbon.
- Elle est souvent faussée par un " salissement " du daisne qui réduit artificiellement la section.
- La plus grosse difficulté provient de l'importance du matériel entreposé au voisinage des déversements qui rend très souvent les mesures impossibles. Or c'est précisément dans cette zone que les mouvements sont les plus rapides et, par conséquent, que les mesures sont les plus utiles.

Nous avons également cherché à caractériser le fluage du charbon et du remblai vers le milieu de la voie. Pour cela nous avons procédé, comme pour la convergence, en mesurant le rapprochement de deux broches fixées aux parements de la voie. Nous avons constaté que ces mesures étaient très dispersées et, de ce fait, difficiles à exploiter. Cela provient, pour une bonne part, du fait que les broches sont difficiles à fixer dans l'épi de remblai.

2 ° Interprétation des mesures

Pour guider la recherche, nous comparerons nos résultats avec ceux qui ont été trouvés dans l'étude de l'influence de la première taille. Lorsque cette comparaison ne sera pas possible, nous chercherons à confronter les résultats obtenus avec ceux d'une hypothèse formulée en utilisant une représentation simplifiée de la réalité (loi du qW - schématisation des appuis - modèle de résistance des matériaux).

IV - PRESENTATION DES CAMPAGNES

Les campagnes de mesure que nous présenterons par la suite sont de deux types : les campagnes de recherche et les campagnes de gestion.

Les premières, organisées et suivies par le laboratoire de Mouvement de Terrains de l'Ecole des Mines de NANCY, ont pour but l'étude méthodique d'un phénomène; elles durent plusieurs mois (6 mois à un an) et nécessitent un personnel important (1 agent technique, deux mesureurs).

Les secondes, que nous appelons campagnes de gestion, demandées et généralement organisées par des ingénieurs d'exploitation, ont pour but, soit de vérifier dans leur siège des lois déjà établies, soit de se faire une idée sur un phénomène particulier. Ces campagnes sont souvent, comme nous le verrons par la suite, d'un dépouillement un peu délicat parce que les mesures y sont peu nombreuses; mais elles présentent néanmoins pour nous un grand intérêt : elles nous permettent de compléter les campagnes de recherche et surtout elles nous servent d'antennes pour détecter les anomalies et les phénomènes nouveaux.

Comment choisir les voies à étudier ? C'était la première question qui se posait au début de notre étude. La réponse que nous lui avons donnée résulte de l'analyse suivante : pour mettre en évidence l'influence ou la non influence de chacun des facteurs qui caractérisent un chantier, la méthode scientifique idéale consisterait à étudier séparément l'influence de chacun d'eux en maintenant tous les autres constants. Cette méthode est ici tout à fait inapplicable car il n'est pas en notre pouvoir de faire varier arbitrairement les facteurs : bien sûr cela est vrai des facteurs naturels : ouverture, profondeur, pendage, propriétés mécaniques des terrains, etc... mais cela est également vrai pour les facteurs d'exploitation : soutènement, vitesse d'avancement, etc... car les chantiers où nous faisons nos études sont des chantiers de production dont les impératifs passent avant ceux de la recherche.

Dans ces conditions, la seule possibilité dont nous dis-

positions consistait à étudier des chantiers placés dans des conditions aussi variées que possible. Sachant que, pour une voie influencée par le passage d'une première taille seule, les deux facteurs prépondérants sont l'ouverture exploitée W et le mode de traitement de l'arrière-taille, nous nous sommes surtout attachés à sélectionner des chantiers où ces deux facteurs prennent des modalités diverses.

Pour mettre en évidence l'influence d'un facteur lorsqu'on ne peut pas maintenir les autres constants, il est indispensable de faire appel à des méthodes statistiques. Nous avons surtout utilisé les corrélations sur lesquelles l'influence du facteur étudié se manifeste par la tendance centrale et l'influence des autres facteurs par une dispersion autour de cette tendance. Malheureusement ces méthodes nécessitent l'étude de nombreuses voies, or une campagne de mesures sérieuse est une opération longue et coûteuse. C'est la raison pour laquelle, pour faire cette étude, nous avons ajouté aux campagnes que nous avons faites, des campagnes de gestion et des campagnes de recherche faites antérieurement dont les objectifs étaient souvent un peu différents des nôtres.

V - PLAN DE L'ETUDE

Nous serons amenés à distinguer trois sortes de chantiers :

- les double-units à fronts alignés pour lesquelles nous nous référerons à la distance commune des fronts,

- les voies soumises à deux passages successifs indépendants (décalage des tailles très important) pour lesquelles nous étudierons successivement les deux passages,

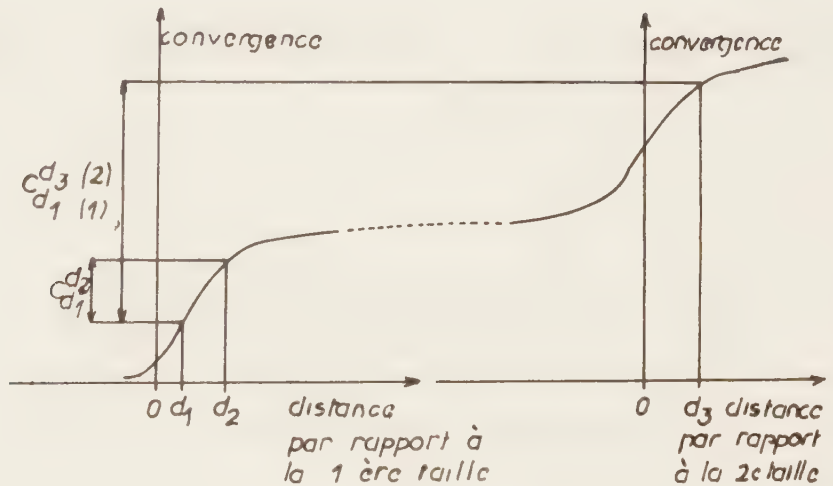
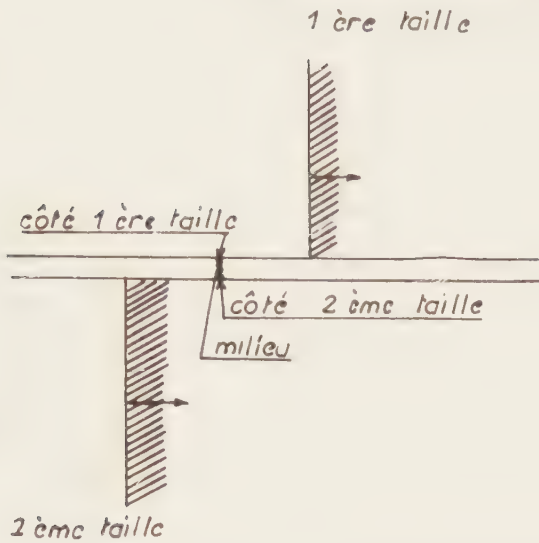
- et enfin les voies à décalage intermédiaire.

L'étude complète de ce dernier cas demanderait l'étude d'un grand nombre de campagnes correspondant à différentes valeurs du décalage. De plus, il est rare dans ce type de chantier que le décalage soit maintenu constant. On ne sait pas dans ces conditions quelle valeur du décalage faire correspondre aux déformations observées. C'est pourquoi nous ne présenterons que deux campagnes avec décalage variable : celle de Saint-Lazare KVC 61 où le décalage a augmenté régulièrement de 0 à 70 mètres, et celle de St-Alfred KVC 52 où il a diminué de 30 mètres à 5 mètres; elles nous permettront de bien suivre la façon dont évolue la forme des courbes de convergence lorsqu'on passe d'une double-unit à fronts alignés à un décalage très important. Elles nous permettront, en particulier, de savoir dans quelle mesure la forme des courbes est sensible à une variation du décalage au voisinage de zéro et de définir ainsi jusqu'à quel décalage maximum on peut considérer qu'une double-unit est à fronts alignés. Nous chercherons également à partir de quel décalage minimum la stabilisation de la convergence entre les deux passages permet de les considérer comme indépendants.

L'étude des chantiers à décalage intermédiaire fera l'objet du premier chapitre. Les double-units à front alignés feront l'objet du second et l'étude de deux passages successifs indépendants sera faite dans le troisième chapitre en insistant surtout sur l'influence du deuxième passage de taille.

Nous avons résumé, pages 27 et 28, quelques définitions que nous utiliserons dans la suite du texte.

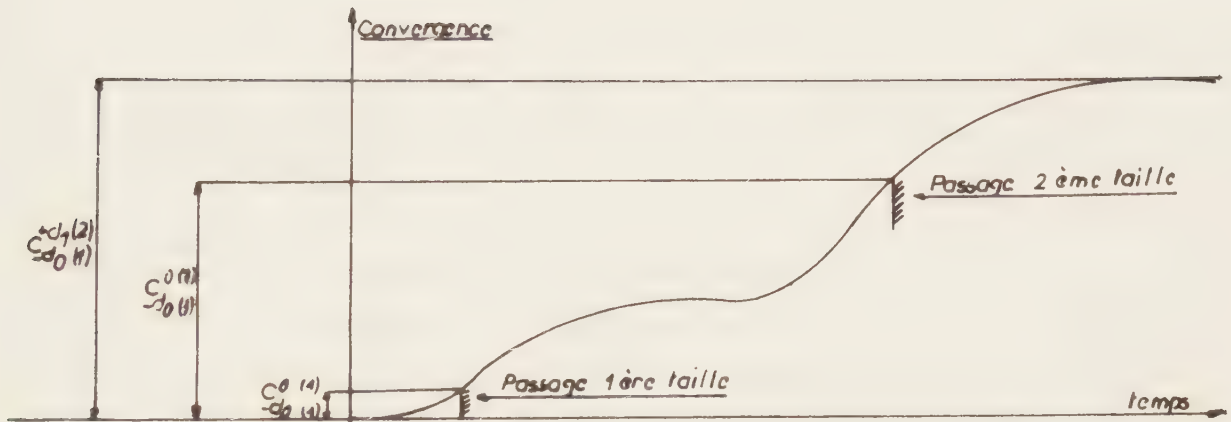
Rappel de quelques définitions



$C_{d_1}^{d_2}$: convergence du doublet pendant le temps où la distance de la taille est passée de d_1 à d_2 (passage d'une seule taille).

$C_{d_1(1)}^{d_3(2)}$: convergence du doublet pendant le temps où la distance de la taille est passée de d_1 par rapport à la première taille à d_2 par rapport à la deuxième taille

Rappel de quelques définitions



Si d_0 représente la distance pour laquelle commence la convergence et d_1 celle à partir de laquelle celle-ci se stabilise

- $C_{-d_0}^{o(1)}$ représente la convergence jusqu'au passage de la 1ère taille
- $C_{-d_0}^{o(2)}$ représente la convergence jusqu'au passage de la 2ème taille
- $C_{-d_0}^{+d_1(2)}$ représente la convergence finale.

CHAPITRE I

INFLUENCE DU DECALAGE DES TAILLES SUR LA CONVERGENCE

I - HYPOTHESES

- 1° Amplitude des convergences finales
- 2° Evolution de la forme des courbes
- 3° Evolution des paramètres d'avant-passage.

II - RESULTATS EXPERIMENTAUX

- 1° Présentation des chantiers
- 2° Amplitude des convergences finales
- 3° Influence du décalage sur la forme des courbes
- 4° Influence du décalage sur les paramètres.

III - INTERET PRATIQUE

CHAPITRE I

INFLUENCE DU DECALAGE DES TAILLES SUR LA CONVERGENCE

Comme nous l'avons expliqué dans l'introduction, notre but n'est pas de faire une étude complète de tous les cas possibles de décalage, mais seulement de préciser la façon dont évoluent les courbes de convergence lorsqu'on passe de façon continue de la double-unit à fronts alignés à un décalage très grand et inversement.

I - HYPOTHESES

Nous prendrons ici le mot hypothèse dans le sens qu'on lui donne en statistiques lorsqu'on parle de test d'hypothèse. Notre démarche est essentiellement expérimentale. Nous chercherons, compte tenu des résultats fournis par les études précédentes, à prévoir l'allure des phénomènes. Nous testerons ensuite ces hypothèses en les confrontant aux résultats expérimentaux.

1° Amplitude des convergences finales

On peut s'attendre, après exploitation des panneaux situés de part et d'autre de la voie, à trouver comme pour les montages une convergence voisine de qW (voir " loi du qW " page 14).

2° Evolution de la forme des courbes

Nous savons :

- que les courbes de convergence d'une double-unit à fronts alignés, d'un premier passage seul ou d'un deuxième passage seul sont des courbes en S dont le point d'inflexion est situé au voisinage du passage de la taille à l'aplomb de la station.

- que la convergence finale doit être voisine de qW .

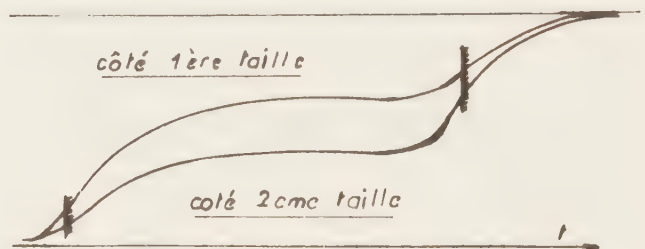
- que la convergence côté taille, après le passage de la première taille, est de $0,6 qW$ et qu'elle est presque toujours inférieure côté massif.

Cela nous permet de tracer approximativement les courbes correspondant aux deux cas extrêmes d'un décalage nul et d'un décalage très important.

Double-unit à fronts alignés
(décalage nul)

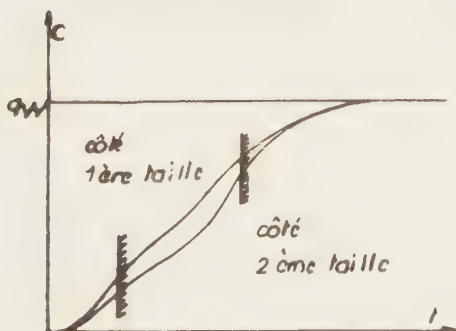


Décalage très important

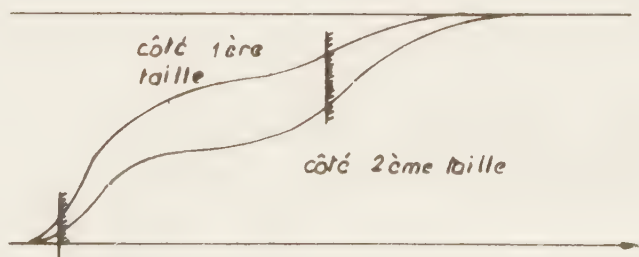


Supposons maintenant que, partant de zéro, le décalage augmente progressivement. Nous nous attendons à voir un point d'inflexion au voisinage de chacun des passages de taille avec un ralentissement de la vitesse de convergence entre les deux, d'autant plus marqué que le décalage sera plus important.

Décalage faible



Décalage important



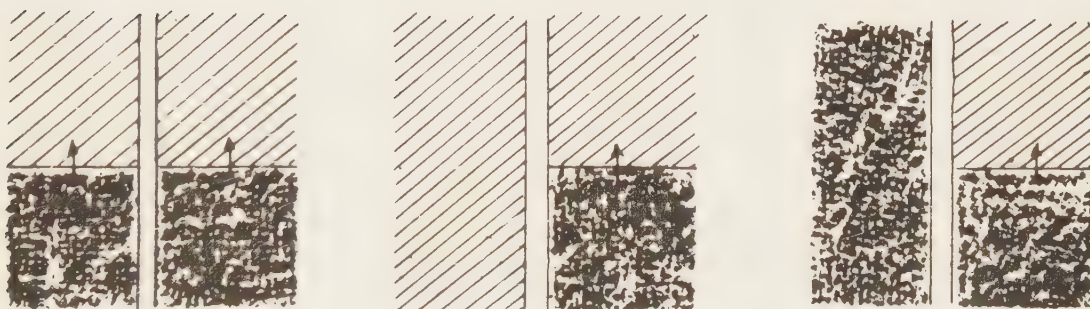
Seule l'expérience pourra nous permettre de connaître le décalage à partir duquel apparaissent les deux points d'inflexion et celui à partir duquel la courbe de convergence présente un palier entre les deux passages.

3° Evolution des paramètres d'avant-passage

Pour une double-unit à fronts alignés les paramètres $C_{-d_o}^{o(1)}$ et $C_{-d_o}^{a(2)}$ sont évidemment égaux (voir définition page 28)

et sont représentatifs de la convergence d'avant-passage. Pour prévoir leur évolution lorsque le décalage augmente, comparons les surfaces d'appuis offertes par le massif de charbon aux bancs du toit dans le cas d'une double-unit à fronts alignés et dans celui de deux passages très décalés. Il est normal de penser que la convergence est d'autant plus forte que la surface d'appui est plus petite.

Appuis offerts par le charbon aux bancs du toit



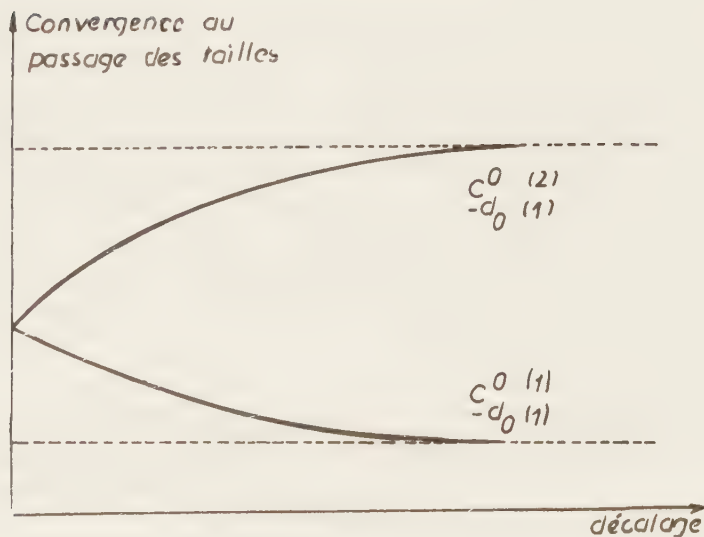
Double-unit à fronts alignés : 2 quadrants

Passage de la 1ère taille : 3 quadrants

Passage de la 2ème taille : 1 quadrant

Lorsque le décalage augmente la convergence jusqu'au passage de la première taille, représentée par $C_{-d_o(1)}^{o(1)}$, doit diminuer puisque la surface d'appui augmente. Au contraire la convergence jusqu'au passage de la deuxième taille, représentée par $C_{-d_o(1)}^{o(2)}$, doit augmenter puisque la surface d'appui diminue. Le graphique obtenu en portant ces deux paramètres en fonction du décalage devrait donc avoir l'allure suivante :

Evolution des paramètres d'avant-passage
en fonction du décalage



II - RESULTATS EXPERIMENTAUX

1° Présentation des chantiers

Les deux campagnes de mesures que nous allons présenter ici ont été faites au Siège 4 Sud du groupe d'Hénin-Liétard. Dans celle de Saint-Lazare KV 61 le décalage a augmenté régulièrement de 0 à 70 mètres; dans celle de Saint-Alfred KVC 52 il a diminué régulièrement de 30 mètres à 5 mètres (voir les diagrammes d'avancement figures 12 et 13).

La veine Saint-Lazare se trouve environ 15 mètres sous la veine Saint-Alfred qui avait été entièrement exploitée dans la zone que nous étudions. Par contre aucune exploitation antérieure n'avait eu lieu au-dessus du chantier étudié en veine Saint-Alfred.

On trouvera figures 14 et 15 les schémas d'implantation des stations dans les zones de mesures. La campagne Saint-Lazare comportait 15 stations espacées de 5 mètres, chaque station comprenant deux doublets : AG côté première taille, CI côté deuxième taille. Celle de Saint-Alfred comportait deux zones de mesures : la zone I (stations 15 à 1) qui a permis de suivre le rapprochement des tailles et la zone II (stations de 19 à 16) où les tailles marchaient à la même vitesse avec un décalage très faible. Les stations étaient également espacées de 5 mètres et comprenaient deux doublets : AG côté deuxième taille, CI côté première taille.

La voie de Saint-Lazare était conservée après exploitation des deux tailles; celle de Saint-Alfred était foudroyée après le passage de la seconde taille.

Nous avons résumé dans le tableau ci-après quelques caractéristiques des deux chantiers.

VOIES SOUMISES A L'INFLUENCE DE DEUX TAILLES
PROGRESSANT AVEC UN DECALAGE VARIABLE

	SAINT-LAZARE KVC 61	SAINT ALFRED KVC 52
Profondeur	900 mètres	800 mètres
Pendage	5° descendant du Nord vers le Sud	nul
Ouverture moyenne	1,0 mètre	1,3 m dans la zone I 1,7 m dans la zone II
Traitement de l'arrière-taille	Foudroyage	Foudroyage
Protection de la voie	Epis de remblai	Epi de remblai
Soutènement de la voie	Cadres TH 330 14 kg/m	Linteaux type Marietta de 4m placés sur étais de bois dans la phase creusement et rem- placés par des étançons au mo- ment du passage des tailles. Pas d'entaillage du toit.
Nature des Epontes	Toit : cuerelle très dur Mur : schiste assez dur	Toit et mur en roc assez dur

2° Amplitude des convergences finales

Seule, la voie de Saint-Lazare, qui était conservée après le passage de la deuxième taille, peut permettre une étude des convergences finales. Nous avons porté leurs valeurs, mesurées six mois après la fin de l'exploitation, sur les graphiques des figures 16 et 17.

Comparons tout d'abord la valeur moyenne de la convergence finale que nous avons observée avec celle que nous ferait prévoir la loi du qW : les deux tailles étant foudroyées nous pouvions nous attendre à une convergence moyenne égale à l'ouverture moyenne, soit 1 mètre. Les graphiques des figures 16 et 17 nous montrent que la convergence finale moyenne est effectivement très voisine de cette valeur (0,9 mètre côté première taille et 1,1 mètre côté deuxième taille) : la loi du qW est ici très bien vérifiée. Nous avons pourtant été amenés, en présentant cette loi, à émettre certaines réserves : elle suppose que les épis qui ont pour but de limiter les convergences n'ont qu'un rôle minime et que les flexions des bancs du toit et du mur créées par le vide de la voie sont peu importantes. On peut expliquer ainsi la faible influence de ces deux facteurs pour la campagne de Saint-Lazare :

- le toit qui était en cuerelle très dur ne présentait ni flexion ni cassure. Le soufflage du mur était peu important (quelques dalles qui se soulevaient par endroits).

- on abattait dans les niches de part et d'autre de la voie un faux toit d'environ 30 cm ; le volume ainsi libéré permettait sans doute, comme le montre les schémas ci-dessous, de loger l'épi comprimé sans réduire la convergence.



Epis non comprimés



Epis comprimés

Etudions maintenant l'influence du décalage sur la convergence finale ; nous remarquons une tendance croissante pour les doublets CI situés côté deuxième taille et une tendance décroissante pour les doublets AG situés côté première taille. Nous pensons qu'il faut interpréter ce résultat de la manière suivante :

la hauteur initiale de l'épi de remblai est inversement proportionnelle à la convergence qui a affecté les épontes avant sa mise en place. Lorsque les deux fronts sont alignés, les épis placés derrière les deux tailles ont même hauteur initiale ; mais lorsque se produit un décalage, $C_{-40(1)}^{o(1)}$ diminue côté première taille et $C_{-40(1)}^{o(2)}$ augmente côté deuxième taille ; il en résulte une augmentation de la hauteur initiale pour l'épi placé derrière la première taille et une diminution pour celui qui est placé derrière la seconde. Ceux-ci ayant pour but de s'opposer à l'écrasement de la voie, il est normal que la convergence varie en raison inverse de leur hauteur initiale.

Jusqu'à présent nous ne nous sommes intéressés qu'aux tendances moyennes. Il est frappant de constater que la convergence finale n'est pas distribuée de façon aléatoire le long de la voie mais qu'elle oscille régulièrement autour de la tendance moyenne. Cette périodicité se retrouve des deux côtés de la voie. Pour mieux visualiser la façon dont elle se forme et se développe, nous avons tracé figures 18 et 19 les profils de la voie. En superposant ces profils (voir figure 20) nous avons eu la surprise de constater que ces périodicités étaient en parfaite opposition de phase (lorsque la convergence d'un doublet est forte, celle de l'autre doublet de la même station est faible et inversement). Les études antérieures avaient déjà mis en évidence une périodicité dans les voies influencées par un seul passage de taille, mais c'est la première fois que nous rencontrons cette " opposition de phase " entre les convergences des deux côtés de la voie. Nous n'avons pas pu trouvé d'explication satisfaisante de ce phénomène tout-à-fait remarquable.

3° Influence du décalage sur la forme des courbes

Pour permettre de bien suivre l'évolution de la forme

des courbes, nous avons superposé, figures 21 et 22, les courbes des doublets AG et CI de toutes les stations de la campagne de Saint-Lazare. Comme nous l'avions prévu, nous constatons que l'augmentation du décalage se traduit par l'apparition de deux points d'inflexion correspondant aux deux passages de taille. Mais il est à remarquer qu'ils n'apparaissent sur les courbes qu'à partir de la station 11 pour laquelle le décalage était déjà de 25 m au passage de la première taille et de 80 m au passage de la seconde. Pour les stations précédentes, l'augmentation du décalage se manifeste seulement par une diminution de la pente à l'inflexion (qui représente la vitesse maximum de convergence).

Pour préciser ce dernier point nous avons porté cette pente à l'inflexion sur le graphique de la figure 23. Pour les quatre premières stations ces pentes sont sensiblement égales et, à partir de la station 4, nous observons une tendance décroissante. On peut faire les mêmes observations par la campagne de Saint-Alfred dont nous avons superposé les courbes figures 24 et 25 : même sur les courbes des premières stations qui correspondent à un décalage de 30 m, nous n'observons qu'un point d'inflexion et la pente à l'inflexion augmente au fur et à mesure que le décalage diminue. Le graphique de la figure 26 sur lequel nous avons porté cette pente à l'inflexion présente une tendance croissante jusqu'à la station 5, puis un palier pour les dernières stations.

Ce palier nous montre que lorsque le décalage est faible (inférieur à 15 m environ), la pente à l'inflexion est sensiblement la même que si les fronts étaient alignés; la forme des courbes ne dépend donc pratiquement pas des variations du décalage tant que celui-ci reste voisin de zéro. Cela permet, en première approximation, de considérer comme double-unit à fronts alignés toute double-unit dont le décalage reste inférieur à 15 m.

Les deux campagnes que nous venons d'étudier ne nous permettent pas de répondre à la seconde question que nous nous posions à la fin de l'introduction : à partir de quel décalage minimum les deux passages de taille sont-ils indépendants ? En effet même la courbe de la station 15 de la campagne de Saint-Lazare, pour laquelle le décalage était de 30 m au passage de la première taille et de 70 m au passage de la seconde, ne présente pas de

palier entre les deux passages. Deux campagnes que nous étudierons au chapitre 3 et pour lesquelles le décalage était voisin de 100 m, nous permettront de préciser ce point.

4° Influence du décalage sur les paramètres

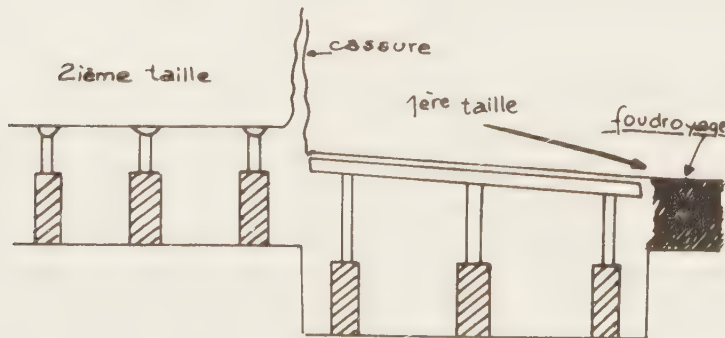
$$C_{-d_o(1)}^{o(1)} \quad \text{et} \quad C_{-d_o(1)}^{o(2)}$$

Pour tester nos hypothèses nous nous étions proposé de porter les valeurs des paramètres $C_{-d_o(1)}^{o(1)}$ et $C_{-d_o(1)}^{o(2)}$ de chaque station en fonction du décalage. Nous rencontrons ici une difficulté qui tient au fait que la courbe de convergence d'un doublet " intègre " toute l'évolution du décalage de sorte que nous ne savons pas quelle valeur du décalage faire correspondre aux paramètres $C_{-d_o(1)}^{o(1)}$ et $C_{-d_o(1)}^{o(2)}$ lues sur les courbes. Toutefois le décalage ayant évolué régulièrement au fur et à mesure de la progression des tailles dans la zone de mesures, nous pourrions avoir l'allure du phénomène en portant la valeur de ces paramètres à l'aplomb de chaque station. C'est ce que nous avons fait figures 16 et 17 pour Saint-Lazare KVC 61 (1) et figures 27 et 28 pour Saint-Alfred KVC 52 (2).

-
- (1) Rappelons que d_o représente la distance pour laquelle commencent les mouvements. Pour cette campagne la convergence de la phase avant-passage est faible, il suffit de prendre $d_o = 30$ m.
 - (2) Pour cette campagne la convergence d'avant-passage est un peu plus importante, nous avons pris $d_o = 40$ m. Par ailleurs, les ouvertures moyennes exploitées dans les deux zones de mesures étant un peu différentes, nous avons ramené les paramètres de chaque station à l'ouverture moyenne de la zone à laquelle appartient la station.

Sur les graphiques de Saint-Lazare KVC 61 nous constatons, comme prévu, une tendance croissante sur le paramètre $C_{-30(1)}^{o(2)}$ qui est particulièrement marquée pour les doublets CI. Par contre la tendance décroissante que nous attendions pour le paramètre $C_{-30(1)}^{o(1)}$ ne s'observe que pour les doublets AG et est peu marquée. Cela provient, pensons-nous, de ce que notre zone de mesures était située à 15 m seulement sous une ancienne exploitation; or nous verrons, dans le chapitre II, que cela a pour effet de diminuer la convergence d'avant-passage des double-units.

Les graphiques de Saint-Alfred KVC 52 présentent une allure tout-à-fait différente de ce que l'on pouvait prévoir : le décalage ayant diminué régulièrement, nous nous attendions à trouver une tendance croissante sur le paramètre $C_{-40(1)}^{o(1)}$ et une tendance décroissante sur le paramètre $C_{-40(1)}^{o(2)}$. En fait nous observons un maximum situé au voisinage des dernières stations de la zone I. Dans cette partie de la voie nous avons constaté, au moment du passage de la deuxième taille, une importante cassure longitudinale des bancs du toit qui provoquait un " décrochement " du toit de la voie par rapport à celui de la taille (voir figure ci-dessous).



Le toit de la voie était très difficile à tenir et il était nécessaire de faire un rabaissage très important pour assurer le passage du personnel et du matériel. Toutes ces difficultés ont disparu lorsque le décalage a été ramené à 5 mètres.

Pour avoir une idée de la valeur du décalage pour laquelle s'est produit ce maximum de convergence, nous avons porté figures 29 et 30 les valeurs du paramètre $C_{-40(1)}^{o(1)}$ en fonction de d_1 , décalage au moment où la première taille se trouvait à l'aplomb de la station et les valeurs du paramètre $C_{-40(1)}^{o(2)}$ en fonction de

d_2 , décalage au moment où la deuxième taille se trouvait à l'aplomb de la station. Il est en effet raisonnable de penser que $C_{-40(1)}^{o(1)}$ est surtout influencé par la valeur du décalage au moment du passage de la première taille et $C_{-40(1)}^{o(2)}$ par la valeur du décalage au moment du passage de la deuxième taille (1). Nous voyons sur ces graphiques que le maximum correspond à un décalage compris entre 10 et 20 mètres.

Ces observations rejoignent une idée que nous avons entendu exprimer plusieurs fois : lorsqu'on rapproche deux tailles on aurait, pour une certaine valeur du décalage, des difficultés à tenir la voie. C'est là un phénomène nouveau qui mériterait d'être approfondi. Il est peut-être à rapprocher du phénomène de périodicité dont nous avons déjà parlé : le maximum de convergence serait dû à la superposition des périodicités produites par les deux tailles.

(1) Si la transmission des mouvements dans les terrains était immédiate, la convergence à un instant donné ne dépendrait que de la géométrie de l'exploitation à cet instant. En fait les mouvements mettent un certain temps à se propager (propriétés rhéologiques); mais on a montré que les facteurs géométriques restaient néanmoins prépondérants (voir thèse de M.le Professeur Schwartz, p. 119).

III - INTERET PRATIQUE

L'intérêt que présente l'étude des convergences finales est évident : elles déterminent la hauteur restante dans la voie à la fin de l'exploitation. Par contre les considérations qui précèdent, relatives à la forme des courbes et à l'évolution des paramètres d'avant-passage, peuvent paraître très gratuites. Nous allons montrer au contraire, sur l'exemple de la campagne de Saint-Alfred, qu'elles sont aussi susceptibles d'applications pratiques.

Cette campagne en effet n'a pas été entreprise à des fins de recherche, mais à la suite d'une demande de l'ingénieur du siège qui trouvait que le personnel affecté à l'entretien de cette voie était trop important. Les tailles marchaient alors avec un décalage constant de 30 mètres. Le correspondant du Laboratoire dans le Bassin a conseillé de rapprocher les tailles le plus possible, espérant ainsi réduire l'amplitude de la convergence au passage de la deuxième taille. Nous pouvons voir sur les graphiques des figures 27 et 28 que nous avons peu gagné de ce côté là. Mais par ailleurs, sachant que lorsque le décalage est faible les courbes sont beaucoup plus raides, il pensait réduire à quelques mètres la partie de la voie affectée par une convergence importante; cela permettrait, à condition d'entreposer les coffrets quelques mètres en avant des fronts de taille, de réduire considérablement les travaux d'entretien. De fait, après une période difficile lorsque le décalage était voisin de 15 mètres, il a été possible de diminuer de moitié le personnel affecté à l'entretien lorsque le décalage a été ramené à 5 mètres.

CHAPITRE II

ETUDE DES DOUBLE-UNITS A FRONTS ALIGNES

I - PRESENTATION DES CHANTIERS

II - HYPOTHESES

III - RESULTATS EXPERIMENTAUX

1° Recherche d'ajustements exponentiels de la
forme $C = A e^{d/u}$ pour la phase d'avant-
passage des courbes moyennes

2° Etude des paramètres A et u

IV - RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS

CHAPITRE II

ETUDE DES DOUBLE-UNITS A FRONTS ALIGNES

Il est bien rare de trouver une double-unit dont les fronts soient rigoureusement alignés pour les deux raisons suivantes :

- la voie est toujours très encombrée au déversement des tailles. Un petit décalage permettra de " décongestionner " un peu cette zone et facilitera ainsi la circulation du matériel et du personnel.

- il est difficile de toujours faire marcher les deux tailles à la même vitesse : lorsque l'une des tailles est obligée de ralentir il faudrait freiner l'autre, alors que l'on a besoin de davantage de charben pour maintenir constante la production.

Mais nous avons vu, au cours du premier chapitre, qu'il faut un décalage important pour modifier la forme des courbes. Pratiquement nous considérons que les fronts sont alignés lorsque le décalage reste inférieur à 15 mètres .

Notre étude portera surtout sur la phase avant-passage car les voies de double-unit sont presque toujours exploitées en rabattant et abandonnées après le passage des tailles; seuls le KVC 61 de Saint-Lazare et le Vf₁ de Mathilde étaient conservés. Pour représenter la courbe de convergence de cette phase avant-passage nous avons d'abord essayé d'utiliser des ajustements logarithmiques; ceux-ci en effet avaient déjà été utilisés pour les courbes de premier passage de taille (voir introduction page 9). Les ajustements obtenus sont très médiocres (voir à titre d'exemple celui de la campagne Saint-Victor VC 232 représenté figure 37). Par contre nous avons trouvé de très bons ajustements en utilisant des courbes exponentielles de la forme :

$$C = A e^{x/u}$$

Nous avons ensuite recherché l'influence sur les paramètres A et u des différents facteurs qui caractérisent l'exploitation. Mais nous avons rencontré dans cette recherche la difficulté suivante : A priori, quatre facteurs nous paraissaient susceptibles d'avoir une influence importante : la profondeur H dont l'influence avait été mise en évidence dans l'étude des convergences en taille, l'ouverture exploitée W, le mode de traitement de l'arrière-taille et la nature des exploitations sus-jacentes dont l'influence avait été mise en évidence dans l'étude de la convergence en voie sous l'influence d'un premier passage de taille.

Disposant seulement de huit chantiers, donc de huit points sur un graphique de corrélation, nous ne pouvions pas espérer dissocier l'influence de chacun des facteurs. Une méthode nouvelle, introduite depuis quelques années au Laboratoire, nous a cependant permis une première approche du problème. Elle consiste à schématiser la réalité à l'aide d'un modèle de résistance des matériaux. Le but n'est pas d'obtenir une image parfaite de la réalité mais de se faire une idée sur la façon dont agissent les différents facteurs et donc de formuler des hypothèses qu'on pourra ensuite tester (1).

Nous avons le choix entre plusieurs modèles qui sont utilisés couramment pour représenter les déformations des bancs du toit au-dessus de la taille. L'un d'eux conduit, comme nous l'avons trouvé expérimentalement, à des courbes d'avant-passage exponentielles; c'est lui que nous avons retenu et que nous présentons. Après avoir présenté les chantiers dans la première partie, nous présenterons dans la deuxième partie le modèle de résistance des matériaux et nous comparerons dans la troisième partie les résultats que nous suggère le modèle aux résultats expérimentaux.

(1) Voir à ce sujet l'introduction de la thèse de Monsieur le Professeur CHAMBON "Mécanique des terrains houillers dans le cas de déformations planes", pages 11 et suivantes.

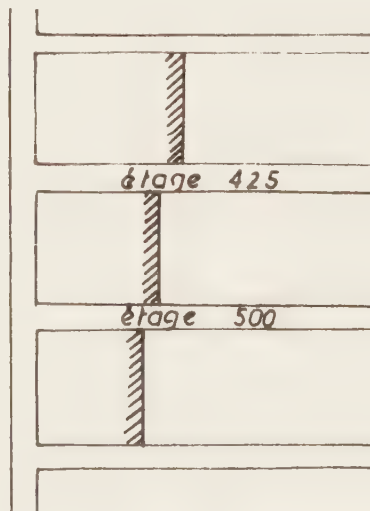
I - PRESENTATION DES CHANTIERS

Nous avons résumé page 47 les principales caractéristiques de chaque chantier.

Nous disposons de huit campagnes : deux campagnes de gestion faites à la Houve (veine intermédiaire 425 et 500) et six campagnes de recherche; parmi celles-ci trois avaient pour but l'étude des double-units (Mathilde, γ_{12} et γ_{15}) et les trois autres avaient des objectifs différents mais comportaient quelques stations en situation de double-unit (Saint-Lazare, Saint-Alfred, Saint-Victor). Lorsque les voies de double-unit servent au déblocage du charbon, ce qui est généralement le cas, les mesures sont impossibles en milieu de voie où se trouve le convoyeur; c'est pourquoi, dans la plupart des cas, nos stations de mesures comportaient seulement deux doublets situés latéralement. Pour ne pas fausser la comparaison des voies entre elles nous n'avons pas tenu compte, lorsque les stations comportaient un doublet milieu, de la convergence de ces doublets pour établir la courbe moyenne.

Veine intermédiaire 425 et 500

Ces voies desservait trois tailles qui marchaient en triple-units (voir schéma ci-contre). Les campagnes de mesures, faites dans le cadre de la gestion, avaient pour but de permettre de connaître en peu de temps la courbe de convergence moyenne dans la voie (d'où leur nom de campagne éclair). Pour cela on posait une dizaine de stations de part et d'autre du front de taille dont on mesurait les convergences pendant 15 jours à un mois. Chaque doublet donnait un arc de courbe permettant d'obtenir, par la méthode que nous avons décrite, une courbe moyenne.



DOUBLE - UNITS A FRONTS ALIGNES

	L O R R A I N E				N O R D			
	LA HOUE		FOSCHVILLER		Hénin-Liétard			Lens
	Veine Intermé- -diaire 500	Veine Intermé- -diaire 425	γ 15	γ 12	6 Sud Mathilde	4 Sud Saint- Lazare	4 Sud Saint- Alfred	Siège 3 Saint- Victor
Profondeur en mètres	500	425	690	690	140	900	800	450
Ouverture moyenne en m.	1,1	1,25	2,8	2	1,8	1	1,7	1,35
Pendage en degrés	14	13	15	18	0	5	0	7
Traitement de l'arrière- taille	F	F	RP	RP	RP	F	F	RP
Soutènement	Cadres TH	Marietta	TH	TH	Marietta	Cadres TH	Marietta	en bois
Nombre de stations	10	3	15	7	31	1	4	2
Distance entre stations en mètres	10	10	3	5	5		5	5
Décalage moyen des tailles en mètres	10	3	0	0	5	5	5	0
Exploitations sus-jacentes Dist. de stampe en m.				30		15		170
Ouverture en mètres				3		1,8		
Voie conservée après passage	non	non	non	non	oui	oui	non	non

Foschviller γ_{15}

On avait abandonné un pilier de charbon d'environ 50 mètres de large à l'aval de la voie de base de la taille γ_{15} . Ce pilier a été repris lors de l'exploitation de la taille γ_{15} , de sorte que la voie de base est devenue voie de double-unit à fronts rigoureusement alignés. La voie étant affectée d'un très fort soufflage au milieu et côté amont, nous n'avons conservé, pour la courbe moyenne, que les doublets du côté aval.

Foschviller γ_{12}

Voie située dans les mêmes conditions que γ_{15} , mais peu affectée par le soufflage du mur : nous avons conservé, pour la courbe moyenne, les doublets situés des deux côtés de la voie.

Mathilde Vf₁

Dans la zone étudiée la veine Mathilde est située juste sous le tourbia; elle avait été abandonnée au début du siècle parce qu'on craignait d'importantes venues d'eau. Son exploitation a été reprise récemment. Entre temps une douzaine de veines ont été exploitées en dessous; de nombreuses limites d'exploitation se situent à l'aplomb de notre zone d'étude, ce qui a certainement créé de nombreux plans de rupture.

Saint-Lazare KVC 61

Nous avons déjà présenté dans le premier chapitre cette campagne où le décalage augmente régulièrement de 0 à 70 mètres. La station 1 pour laquelle le décalage, au passage des tailles, était voisin de 5 mètres pouvait être considérée comme en

double-unit à fronts alignés. Les tailles progressant à des vitesses différentes, nous avons utilisé pour tracer les courbes la distance moyenne des tailles.

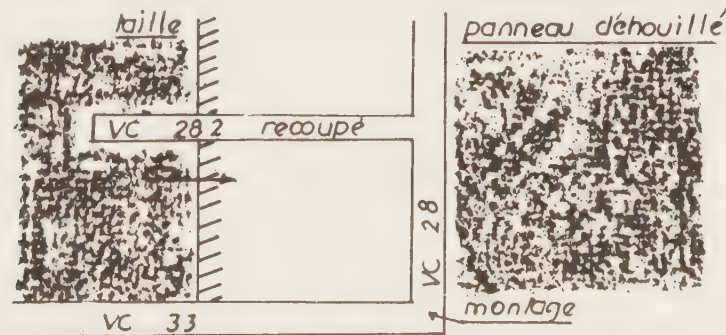
Saint-Alfred KVC 52

Nous avons également présenté cette campagne dans le premier chapitre et nous avons vu que, dans la zone II, le décalage était voisin de 5 mètres. Cette zone comportait quatre stations (19 à 16) à deux doublets.

Saint-Victor VC 282

Il s'agit d'une recoupe creusée perpendiculairement au front à partir d'un montage pour l'étude de l'effet pilier. Les fronts étaient donc rigoureusement alignés. Nous avons retenu les deux premières stations qui n'étaient pas perturbées par l'effet pilier (1).

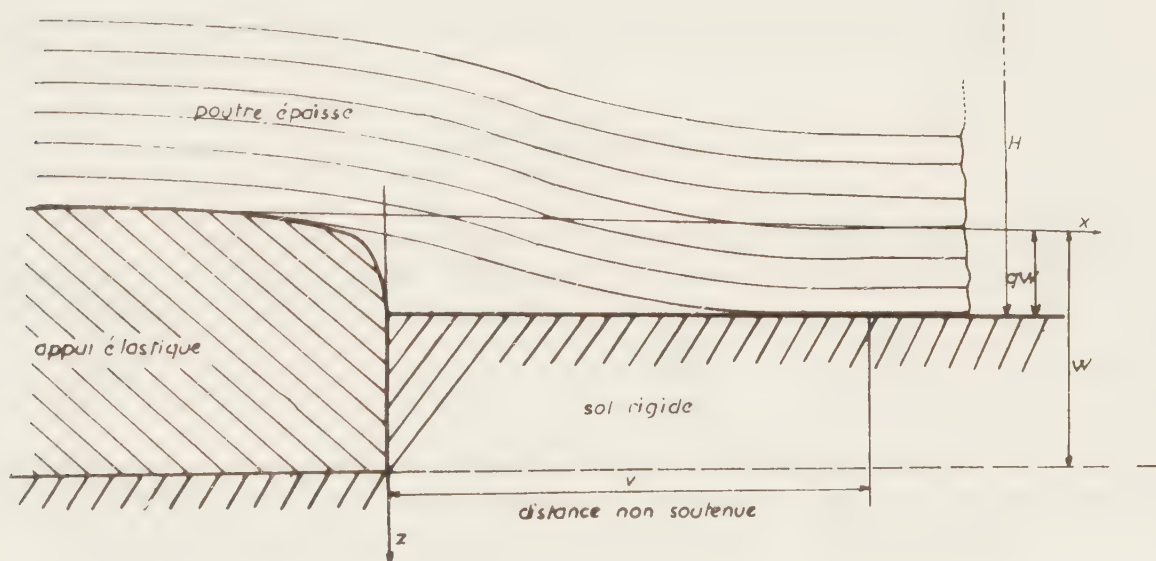
- (1) Lorsque l'un des panneaux qui bordent un montage a été déhouillé et que l'autre est exploité en rabattant on constate, pour une distance de la taille au montage de 30 à 40 mètres, l'apparition de convergences et de fluages importants en taille et dans le montage. On interprète ces phénomènes par l'écrasement brusque du pilier de charbon (d'où le nom d'effet pilier).



II - HYPOTHESES

Comme nous l'avons expliqué dans la présentation de ce chapitre nous allons avoir recours, pour interpréter les résultats expérimentaux, à un modèle simple de résistance des matériaux que nous allons présenter maintenant.

Les bancs du toit qui se trouvent immédiatement au-dessus de la veine de charbon sont fracturés dans le foudroyage par l'exploitation des tailles; mais les bancs qui sont situés au-dessus gardent leur continuité; assimilons-les à une poutre épaisse de hauteur H (profondeur de l'exploitation). Assimilons par ailleurs le massif de charbon à un appui élastique de hauteur W (ouverture exploitée). Supposons négligeable la force portante du soutènement, ce qui est légitime si l'on compare cette force portante au poids des terrains sus-jacents (1) : nous pouvons considérer que la poutre est non soutenue sur une distance v au-delà de laquelle elle vient reposer sur le mur ou sur le remblai que nous assimilons à un sol rigide. Cherchons dans ces conditions l'équation de la déformée de la poutre.



(1) A une profondeur de 500m, en prenant un poids spécifique $\gamma = 2 \text{ T/m}^3$ le poids des terrains par m^2 est $p = 500 \times 2 = 1000 \text{ T/m}^2$, alors que la force portante du soutènement est généralement de l'ordre de 10 T/m^2 .

Nous utiliserons dans le calcul les notations suivantes :

- n_z : force exercée, par unité de surface, sur la face inférieure de la poutre (résultante du poids des terrains sus-jacents et de la réaction de l'appui).
- p : poids des terrains sus-jacents par unité de surface
- w : affaissement de la poutre au point d'abscisse x
- H : profondeur de l'exploitation
- G_T : module de cisaillement des terrains sus-jacents
- E_c : module d'élasticité du charbon pour une déformation dans un plan
- ω : poids spécifique des terrains sus-jacents.

Pour une poutre épaisse, les déformations dues au moment fléchissant sont négligeables devant celles qui sont dues à l'effort tranchant (1). Dans ces conditions, en utilisant les axes que nous avons représentés sur le schéma de la page 50, l'équation différentielle de la déformée s'écrit :

$$\frac{d^2 w}{dx^2} = - \frac{3}{2 G_T H} n_z$$

Au dessus de l'appui élastique, la résultante des forces exercées sur la poutre est dirigée vers le haut et est proportionnelle à l'affaissement de la poutre :

$$x < 0 \quad n_z = - \frac{E_c}{W} w \quad \text{soit} \quad \frac{d^2 w}{dx^2} = \frac{3 E_c}{2 G_T H W} w$$

(1) A. SALUSTOWICZ. "Convergence du toit sous le jour de la rhéologie" C.R. de la 4ème conférence internationale de mécanique des roches. New-York 1964 (Page 501).

Dans la partie non soutenue la résultante des forces est dirigée vers le bas et est égale au poids des terrains sus-jacents par unité de surface p :

$$0 < x < v \quad n_z = p \quad \text{soit} \quad \frac{d^2 w}{dx^2} = -\frac{3p}{2G_T H}$$

En posant

$$\frac{3E_c}{2G_T H W} = \frac{1}{u^2}$$

on obtient par intégration

$$x < 0 \quad w = \alpha qW e^{x/u} + \beta qW e^{-x/u}$$

$$0 < x < v \quad (w - qW) = -\frac{3p}{4G_T H} (x - v)^2.$$

Utilisons les conditions aux limites pour déterminer les coefficients inconnus α et β .

$$\text{Pour } x = -\infty \quad w = 0 \quad \text{donc} \quad \beta = 0$$

La poutre est continue autour du front de taille donc :

$$x = 0 \quad w(x < 0) = w(x > 0) \quad \text{soit} \quad \alpha qW = qW - \frac{3pv^2}{4G_T H}$$

$$w'(x < 0) = w'(x > 0) \quad \text{soit} \quad \frac{\alpha qW}{u} = -\frac{3pv}{2G_T H}$$

Eliminant v entre ces deux équations, nous trouvons :

$$\frac{qE_c}{2p} \alpha^2 + \alpha - 1 = 0$$

$$\text{soit } \alpha = \frac{-1 + \sqrt{1 + \frac{2qE_c}{p}}}{\frac{qE_c}{p}}$$

mais nous pouvons simplifier la solution car :

$$\frac{2 q E_c}{p} \gg 1 \quad (1)$$

$$\alpha \neq \sqrt{\frac{2 \varpi H}{q E_c}}$$

L'équation de la déformée s'écrit finalement pour $x < 0$

$$w = \left(\frac{2 \varpi H q}{E_c} \right)^{1/2} W e^{x \left(\frac{3 E_c}{2 G_T H W} \right)^{1/2}}$$

Si ce modèle était une représentation parfaite de la réalité, nous devrions vérifier que la déformée du toit est une exponentielle de la forme

$$w = A e^{x/u}$$

dont les coefficients sont donnés par les formules :

$$A = \sqrt{\frac{2 \varpi H q}{E_c}} W \quad \text{et} \quad u = \sqrt{\frac{2 G_T H W}{3 E_c}}$$

(1) En effet si nous prenons :

$$\varpi = 2 \text{ T/m}^3$$

$$H = 500 \text{ m}$$

$$E_c = 23\,000 \text{ T/m}^2 \quad (\text{ce qui sera justifié à posteriori par le résultat trouvé})$$

$$q = 0,5$$

$$\frac{2 q E_c}{p} = \frac{23\,000}{2 \times 500} = 23 \gg 1$$

En fait il est évident que ce modèle repose sur des hypothèses très simplificatrices : nous avons assimilé le charbon à un corps élastique homogène, le remblai à un solide inélastique et le terrain sus-jacent à une poutre épaisse homogène. Nous n'avons pas tenu compte de la dispersion de l'ouverture ni de la force portante du soutènement etc... Nous ne pouvons donc pas espérer une coïncidence parfaite des résultats théoriques et expérimentaux ; d'autant plus que nous ne connaissons pas, pour les chantiers étudiés, les valeurs des modules E_c et G_T . Par contre nous pouvons penser que ce modèle nous permettra de rendre compte statistiquement des résultats expérimentaux. Après avoir vérifié que les courbes moyennes d'avant-passage sont bien représentées par des courbes exponentielles (1) nous montrerons

- que les paramètres A des ajustements exponentiels sont statistiquement proportionnels à la quantité

$$\sqrt{\omega H q} \quad W$$

c'est-à-dire qu'il existe entre ces deux grandeurs une corrélation linéaire passant par l'origine,

- de même, qu'il existe entre u et $\sqrt{W H}$ une corrélation linéaire passant par l'origine.

III - RESULTATS EXPERIMENTAUX

Nous avons tabulé page 55 et représenté figure 31 les courbes moyennes de toutes les voies étudiées. Nous constatons qu'il y a une grande dispersion des convergences d'avant-passage. Nous verrons dans quelle mesure le modèle de résistance des matériaux permet d'expliquer cette dispersion.

(1) Dans le cadre de nos hypothèses, lorsque le front progresse, la courbe de convergence d'un doublet en fonction de la distance du front est identique à la déformée du toit pour une position donnée du front. En effet, en prenant un système d'axe lié au front de taille, les deux problèmes se posent mathématiquement de façon identique.

DOUBLE - UNITS . COURBES MOYENNES (en mm)

	-70	-60	- 50	-40	-30	-20	-10	- 5	0	+5	+10	+20	+30	+40	+50	+100	+150
VI 500	0	10	21	43	77	138	267	376	541								
VI 425		0	7	17	45	82	132	188									
Foschviller 15		0	20	45	95	180	360	500	735								
Foschviller 12			0	4	7	14	27	36	46								
Mathilde Vf ₁			0	10	20	40	80	125	220	450	610	742	820	880	920	1010	1050
St-Lazare KVC 61					0	12	40	70	120	290	450	620	700	740	765	840	
St Alfred KVC 52				0	32	110	225	345	700	1080							
St-Victor VC 282		0		2	7	17	96	54	82								

1° Recherche d'ajustements exponentiels de la forme

$$C = A e^{d/u} \quad \text{pour la phase avant-passage des courbes}$$

moyennes

La méthode que nous avons d'abord essayée et qui est couramment utilisée consiste à prendre le logarithme de l'équation

$$C = A e^{d/u} \quad \text{soit} \quad \text{Log } C = \frac{d}{u} + \text{Log } A.$$

En portant les valeurs de $\log C$ en fonction de d , on doit obtenir un alignement qui a pour pente $1/u$ et pour ordonnée à l'origine $\text{Log } A$.

Il arrive souvent que la courbe moyenne commence seulement un peu après le début des mouvements; l'équation s'écrit alors

$$C - C_0 = A e^{d/u}$$

et la valeur de C_0 doit être recherchée par tâtonnements. Cette recherche est peu précise et demande beaucoup de temps. C'est la raison pour laquelle nous avons abandonné cette méthode pour utiliser celle que nous allons exposer maintenant.

Nous déterminons tout d'abord une valeur approximative de l'unité par une construction graphique. Soient M_1 et M_2 deux points de la courbe tels que $C_2 = 2 C_1$, leurs abscisses x_1 et x_2 vérifient

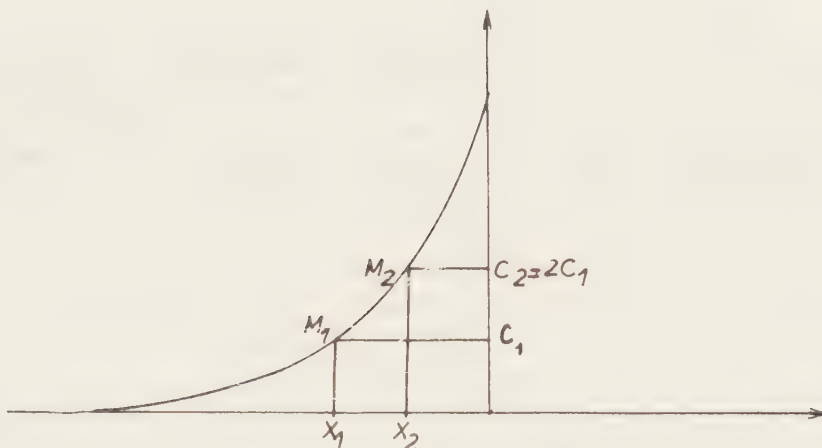
$$2 A e^{x_1/u} = A e^{x_2/u}$$

d'où

$$u = \frac{x_2 - x_1}{\text{Log } 2}$$

soit

$$u = \frac{x_2 - x_1}{0,694}$$



Utilisant la valeur de u ainsi trouvée, nous portons la convergence en fonction de $e^{x/u}$ que nous avons tabulé page 58 . Si la valeur de u est trop petite, les points se mettent sur une courbe dont la courbure est tournée vers le bas (voir figure 32 pour $u = 8$); si elle est trop grande, la courbure est tournée vers le haut ($u = 20$) et si elle est bonne, les points sont sensiblement alignés ($u = 12,5$). On obtient ainsi rapidement par approximations successives la meilleure unité. La pente de la droite nous donne la valeur de A et l'ordonnée à l'origine donne la valeur de C_0 qui permet de situer l'asymptote.

Nous avons représenté figures 33 à 37 les ajustements ainsi obtenus pour les huit voies étudiées :

- ceux des campagnes γ 15, γ 12, Saint-Lazare et Saint-Victor sont excellents,

- pour Saint-Alfred KVC 52 l'ajustement est très bon jusqu'à - 5 mètres mais nous observons un écart important au passage de la taille : la convergence réelle est plus forte que celle que ferait prévoir l'ajustement.

- pour les deux campagnes de la Houve et pour celle de Mathilde , les ajustements sont bons à partir de - 30 mètres. En deçà de cette distance, la convergence réelle est un peu plus forte

que celle de l'ajustement (l'ordonnée à l'origine C_0 est positive). La convergence due au creusement de la voie n'était peut-être pas encore complètement amortie au moment du passage des tailles. La différence entre la courbe réelle et la courbe d'ajustement s'expliquerait alors par un reste de convergence creusement (1).

TABULATION DE LA FONCTION $e^{x/u}$

$\begin{array}{c} u \\ \backslash \\ x \end{array}$	5	6	7	8	9	10	12,5	15	17,5	20	25
- 0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- 5	0,368	0,434	0,490	0,535	0,573	0,607	0,670	0,715	0,750	0,779	0,819
- 10	0,155	0,188	0,239	0,287	0,329	0,368	0,449	0,512	0,566	0,606	0,670
- 20	0,018	0,035	0,057	0,082	0,109	0,135	0,202	0,264	0,320	0,368	0,449
- 30	0,002	0,006	0,014	0,024	0,036	0,050	0,091	0,135	0,181	0,223	0,301
- 40	0,000	0,001	0,003	0,007	0,011	0,018	0,041	0,069	0,102	0,135	0,202
- 50		0,000	0,001	0,002	0,004	0,007	0,018	0,035	0,057	0,082	0,135
- 60			0,000	0,001	0,001	0,002	0,008	0,018	0,033	0,050	0,091
- 70				0,000	0,000	0,001	0,004	0,009	0,018	0,030	0,06
- 80						0,000	0,001	0,005	0,010	0,018	0,041
- 90							0,000	0,002	0,006	0,011	0,027
- 100								0,001	0,003	0,007	0,018

- (1) Rappelons en effet que le creusement d'une voie donne naissance à une convergence des épontes. La courbe de convergence tracée en fonction du temps est bien représentée par un ajustement logarithmique de la forme

$$C = A \log \left(1 + \frac{t}{u} \right).$$

La valeur du paramètre d'amplitude A est très variable suivant les chantiers.

REMARQUE

Deux des voies étudiées (Mathilde et Saint-Lazare) nous ont permis d'étudier la convergence après le passage des tailles.

- La campagne de Mathilde qui comportait un nombre important de stations nous a permis de comparer la dispersion des convergences pour les phases avant et après-passage. Nous avons trouvé une dispersion beaucoup plus forte pour celle-ci que pour celle-là. (le coefficient de variation du paramètre C°_{-30} est de 0,66; celui du paramètre C^+_{150} est de 0,14).

- La branche après-passage de la courbe moyenne est passible d'une bonne représentation hyperbolique de la forme

$$C = \frac{B \cdot d}{d + v}$$

(voir les figures 35 et 36). On peut par conséquent résumer cette branche de courbe par les deux paramètres B et v (nous donnerons au chapitre 3 la méthode utilisée pour trouver ces ajustements).

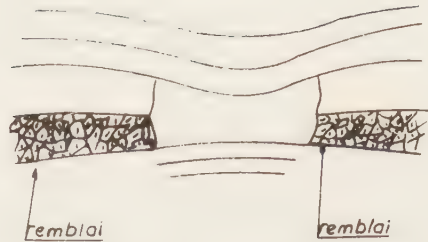
- Pour la campagne Saint-Lazare nous avons vu au chapitre 1 que la convergence finale est très voisine de qW . Pour Mathilde la concordance est moins bonne. L'ouverture moyenne exploitée est $W = 1,8$ m; les tailles étant remblayées $q = 0,5$ et par conséquent $qW = 0,9$ m. La convergence moyenne 150 mètres après le passage des tailles est de 1,0 m pour les doublets situés sur les côtés de la voie et de 1,4 m pour les doublets situés au milieu. La convergence en milieu de voie est donc d'environ $1,5 qW$.

Nous pensons que cette différence entre la convergence observée et la convergence " théorique " s'explique par le fait suivant : les tailles étant remblayées , la voie n'était pas protégée par des épis de remblai : il est vraisemblable que ces épis n'ont pas une résistance suffisante pour s'opposer à la convergence qui affecte l'ensemble des terrains, mais qu'ils limitent la flexion des bancs due au vide de la voie (voir schéma ci-après).



Tailles foudroyées -

L'épi de remblai s'oppose à la flexion des bancs dans la voie.



Tailles remblayées -

La flexion des bancs peut être importante.

2° Etude des paramètres A et u

Guidé par le modèle de résistance des matériaux, nous avons recherché s'il existait entre A et $\sqrt{\sigma} H q W$ d'une part, et entre u et $\sqrt{W H}$ d'autre part, une corrélation linéaire passant par l'origine. Le tableau de la page 61 donne la valeur de ces quantités pour les différentes campagnes.

Avant de présenter ces corrélations, précisons la signification physique qu'on peut donner à ces deux paramètres. A est égal à la convergence au passage des tailles et une variation de ce paramètre se traduit par une affinité ayant pour base l'axe des abscisses. Il est par conséquent caractéristique de l'amplitude de la convergence d'avant-passage. Une variation de u se traduit par une affinité ayant

AVANT-PASSAGES DES DOUBLE-UNITS A FRONTS ALIGNES

VALEUR DES COEFFICIENTS A ET u D'UN AJUSTEMENT EXPONENTIEL DE LA FORME $A e^{d/u}$

	LORRAINE				N O R D			
	LA HOUE		FOSCHVILLER		Hénin-Liétard			Lens
	VI 425	VI 500	γ_{15}	γ_{12}	21 Nord Mathilde	4 SUD		Siège 3 St-Victor
						St-Lazare	St-Alfred	
A en m	0,24	0,52	0,73	0,05	0,20	0,12	0,53	0,08
U en m	10	12,5	14	20	8	10	15	12,5
Profondeur H	425	500	690	690	140	900	800	450
Ouverture W	1,25	1,13	2,80	1,70	1,80	1,00	1,70	1,3
Coefficient de remblayage q	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5
$\sqrt{w H q} W$	36	36	73	45	22	44	68	29
$\sqrt{W H}$	24	23	44	37	16	30	38	25

pour base l'axe des ordonnées. Ce paramètre caractérise donc la façon dont se donne la convergence : plus u est grand et plus les mouvements commencent longtemps avant le passage des tailles.

L'étude de l'influence d'un premier passage de taille ayant montré que les convergences sont diminuées par la présence d'une ancienne exploitation au-dessus de la voie, nous étudierons à part les campagnes qui se trouvaient dans ce cas (Saint-Lazare , Foschviller γ_{12} , Saint-Victor). Sur les graphiques de corrélation (figures 38 et 39), les points correspondants figurent entourés d'un cercle et nous n'en avons pas tenu compte pour le calcul des caractéristiques des corrélations.

Comme nous le faisait prévoir le modèle de résistance des matériaux, les points ne sont pas répartis au hasard mais groupés autour d'une tendance croissante, sensiblement linéaire et passant par l'origine. Les deux coefficients de corrélation sont presque égaux ($r = 0,85$ pour $A - \sqrt{\sigma q H} \quad W$ et $r = 0,84$ pour $u - \sqrt{W H}$). Avec cinq points, cela signifie que l'on a moins de 7 chances sur 100 pour qu'une telle corrélation soit due au hasard. On peut vérifier que l'ordonnée à l'origine est bien, pour les deux corrélations, statistiquement nulle (1).

- (1) En effet appelons x la variable aléatoire portée en abscisse, $\bar{x}$ la moyenne des x et b l'ordonnée à l'origine de la droite des moindres carrés obtenue avec notre échantillon. Faisons l'hypothèse que l'ordonnée à l'origine de la corrélation est nulle, la quantité $t = \frac{b}{\sigma^*/\sqrt{n}} \quad \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2 + n \bar{x}^2}}$

suit une loi de Student-Fischer à $n - 2$ D.L. Nous trouvons $t = 0,1$ pour la corrélation $A - \sqrt{\sigma q H} \quad W$ et $t = 2,3$ pour la corrélation $u - \sqrt{W H}$; or t 5% lu sur la table de S.F. est de 3,1. Rien ne permet, pour chacune de nos corrélations, d'infirmar l'hypothèse.

Revenons maintenant aux trois campagnes qui sont situées sous d'anciennes exploitations. Sur le graphique de A, nous constatons que tous ces points sont en-dessous de la droite de corrélation. Ce résultat confirme ce qui avait été trouvé pour un premier passage de taille : l'amplitude de la convergence est plus faible dans les voies situées sous d'anciennes exploitations. Sur le graphique de u au contraire, ces points se mélangent bien avec les autres points de la corrélation : les mouvements ne commencent pas systématiquement plus tôt ou plus tard que dans les autres voies.

L'exploitation d'une taille se traduit par une légère remontée du mur qui provoque une détente des terrains sous-jacents. On comprend que cette détente " soulage " la voie lorsqu'on exploite une taille dans une veine plus profonde : il faut attendre que les terrains sus-jacents se recompriment pour que se manifeste leur influence.

REMARQUE

Si notre modèle constitue une image approchée mais correcte de la réalité, la corrélation $A = \sqrt{\frac{2}{E_c}} H q \quad W$ permet d'obtenir une valeur moyenne du module d'élasticité du charbon en place E_c :

si p est la pente de la droite de corrélation, on a :

$$p = \sqrt{\frac{2}{E_c}} \quad \text{soit } E_c = \frac{2}{p^2}$$

nous trouvons $p = 0,0093$, ce qui donne :

$$E_c = 23\,000 \text{ T/m}^2$$

Les essais de compression d'éprouvettes en laboratoire conduisent généralement à une valeur comprise entre 50.000 et 500.000 T/m². La valeur que nous trouvons est plus faible ; cela n'est pas étonnant car on ne peut tailler une éprouvette que dans un bloc non fissuré. Or, une veine de charbon comporte de nombreuses fissures qui doivent diminuer la résistance moyenne du charbon en place.

IV - RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS

Rappelons les principaux résultats mis en évidence dans ce chapitre.

- Les voies de double-unit étant généralement exploitées en rabattant seule la phase avant-passage peut-être étudiée. Nous avons montré que la courbe de convergence moyenne de cette phase est très bien représentée par un ajustement exponentiel de la forme

$$C = A e^{d/u}$$

- Utilisant ensuite un modèle de résistance des matériaux qui conduit à des courbes d'avant-passage de cette forme, nous avons montré qu'il existe entre le paramètre A et la quantité $\sqrt{\omega H q W}$ d'une part, entre le paramètre u et la quantité $\sqrt{H W}$ d'autre part, une corrélation linéaire passant par l'origine. Disposant seulement de cinq chantiers pour établir ces corrélations, nous ne pouvons pas en tirer de conclusions définitives; mais si elles sont confirmées ultérieurement par l'étude d'autres chantiers, elles fourniront un moyen très commode de prévoir à priori, connaissant l'ouverture de la veine W, la profondeur H et le mode de traitement de l'arrière-taille (q), la courbe de convergence moyenne d'avant-passage.

- L'étude de l'influence d'un premier passage de taille avait montré que l'amplitude de la convergence est diminuée par la présence d'une ancienne exploitation au-dessus de la voie étudiée. Nous avons retrouvé, et de façon encore plus accusée, ce phénomène pour les avant-passages des double-units.

CHAPITRE III

ETUDE DE DEUX PASSAGES DE TAILLE INDEPENDANTS

I - PRESENTATION DES CHANTIERS

II - DESCRIPTION DES PHENOMENES

- 1° Etude de la convergence d'un doublet
- 2° Amplitude de la convergence finale
- 3° Déformations des terrains autour de la voie
- 4° Dispersion longitudinale - Profils

III - RECHERCHE DES FACTEURS AYANT UNE INFLUENCE SUR LES CONVERGENCES DUES A LA DEUXIEME TAILLE

- 1° Etude de la phase d'avant-passage
- 2° Etude de la phase d'après-passage

IV - ESSAI DE SYNTHESE

CHAPITRE III

ETUDE DE DEUX PASSAGES DE TAILLE INDEPENDANTS

Nous dirons que les passages des deux tailles que dessert une voie sont indépendants, lorsque la convergence d'un doublet placé dans la voie se stabilise entre ces deux passages. Cela se traduit par un palier sur la courbe de convergence du doublet tracée en fonction du temps.

Notre étude porte surtout sur l'influence du deuxième passage de taille. Pour interpréter et situer nos résultats nous ne ferons pas appel, comme dans le chapitre précédent, à un modèle théorique de résistance des matériaux; le modèle à utiliser serait beaucoup trop compliqué et nous disposons ici d'un point de comparaison beaucoup plus proche de la réalité : ce sont les résultats trouvés lors de l'étude du premier passage de taille. Dans trois voies nous avons pu étudier successivement l'influence des deux passages; nous comparerons, pour ces trois campagnes, l'amplitude des convergences finales à celle que nous ferait prévoir la " loi du qW ".

Le chapitre comportera quatre parties : la première sera consacrée à la présentation des chantiers; la seconde à une description des phénomènes : pour rendre compte des déformations des terrains qui entourent la voie, nous ferons appel aux différentes méthodes que nous avons présentées dans l'introduction; dans la troisième nous chercherons à déterminer l'influence des principaux facteurs qui caractérisent le chantier sur la convergence du deuxième passage de taille; la quatrième enfin sera consacrée à un essai de synthèse des résultats du chapitre.

I - PRESENTATION DES CHANTIERS

Nous avons résumé dans le tableau de la page 68 les principaux renseignements dont nous aurons besoin. Nous ferons toutefois une présentation plus complète de la campagne Marthe VC 9 dont l'étude a été beaucoup plus détaillée.

La figure 40 représente, pour cette campagne, le schéma d'implantation des stations. La zone de mesure se trouvait à proximité d'une limite d'exploitation de la veine Coecilia; mais compte tenu du fait que la veine Coecilia était à 80 mètres au-dessus, que son ouverture était seulement de 1 mètre et qu'elle était remblayée, son influence sur l'exploitation de Marthe a certainement été très faible. La zone de mesure comportait 20 stations espacées d'environ 5 mètres, ce qui fait une longueur de voie étudiée d'environ 100 mètres. Chaque station comportait trois doublets :

- AG côté deuxième taille,
- BH milieu de voie,
- CI côté première taille.

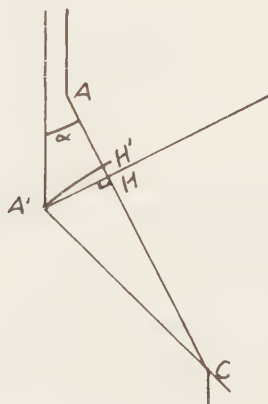
Nous avons utilisé des broches assez longues : au toit pour éviter que la chute de blocs superficiels n'entraîne la chute des broches; au mur pour éviter que les broches ne soient arrachées au rabaissage. Nous avons finalement adopté une longueur de 70 cm au toit et de 90 cm au daisne.

Les mesures ont porté sur les convergences (qui étaient prises tous les jours) et les affaissements du toit (mesurés une fois par semaine). Ces dernières mesures étaient longues et difficiles à cause du pendage de la voie (8°) surtout en fin de campagne où la hauteur restante était faible et la voie longeronnée. C'est la raison pour laquelle la précision est seulement de l'ordre du centimètre; mais l'affaissement final étant important (environ 1 mètre), la précision relative reste d'environ 1%, ce qui est tout-à-fait suffisant.

VOIES SOUMISES A DEUX PASSAGES DE TAILLE SUCCESSIFS ET INDEPENDANTS

	LORRAINE - LA HOUE				Hénin Liétard	Oignies	Lens - Liévin			
	E Médian N. O. 500	E Médian S. O. 385	E Médian N. E. 475	F Médian N. E. 275	21 Nord Joséphine KVC 124	Siège 7 17 Cou- chant	6 Liévin Pauline VC 20	4 Lens Emilie VC 1b	2 Lens Emilie VC 2	2 Lens Marthe VC 9
Profondeur en mètres	500	385	475	275	460	380	700	515	430	500
Ouverture moyenne en m	1,45	1,35	1,40	1,30	1,6	1,3	1,4	1,7	1,2	1,5
Pendage en degrés	20	18	20	15	10	18	7	10	-	10
Traitement de l'arrière-taille	F	F	F	F	F	F	F	RP	F	RP
Soutènement	TH	TH	TH	TH	Marietta	TH	TH	TH	TH	TH
Protection de la voie	Epis	Epis	Epis	Amont : pilier de charbon Aval:épi	Epis	Epis	Epis	Epis	Piles	Remblai
Exploit. sus-jacentes dist. de stampe en m.	x 190			x 30	x 20	x 25	x 40	x 60	x 70	x 80
ouverture en m.				1,4	1,8	-	-	1,2	1,2	1,0
Nombre de stations	17	25	15	20	10	10	10	22	3	20
Distance entre stations en mètres	12	12	12	10	10	3	5	5	10	5
Mesures portant sur : - les passages des 2 tailles					x	x				x
- le passage de la 2e taille seulement	x	x	x	x			x	x	x	
Décalage moyen	∞	∞	∞	∞	140m	90m	∞	∞	∞	100m

La montée du mur était obtenue par différence entre la convergence et l'affaissement du toit. Cela n'est légitime que si les deux broches du doublet se trouvent sur la même verticale, ce qui, pour les doublets AG et CI situés sur les côtés de la voie, n'était pas toujours réalisable. Si la droite joignant les deux broches fait un angle α avec la verticale, on a :



$$\frac{\text{convergence}}{\text{Affaissement du toit} + \text{montée du mur}} = \frac{AH'}{AA'} \neq \frac{AH}{AA'} = \cos \alpha$$

Pour $\alpha = 10^\circ$, ce qui est l'ordre de grandeur, $\cos \alpha = 0,985$. Pour une convergence d'un mètre, on introduit une erreur de l'ordre du centimètre. Sachant que les affaissements du toit sont déjà entachés d'une incertitude du même ordre, la montée du mur n'est connue, pour les broches latérales, qu'à quelques centimètres près.

Nous avons présenté figure 41 les diagrammes d'avancement des deux tailles et celui de leur décalage. La marche des tailles a été extrêmement irrégulière, les arrêts fréquents et les vitesses moyennes plutôt faibles (0,73 m/j pour la T6 et 1,30 m/j pour la T7). Pour les premières stations le décalage était toujours supérieur à 100 mètres, pour les dernières il était voisin de 80 mètres.

REMARQUE

La voie étudiée en veine 17 Couchant au siège 7 d'Oignies était dans une situation particulière : la veine 18 située en-dessous avait été partiellement exploitée antérieurement, la limite d'exploitation se trouvant presque à l'aplomb de notre zone de mesures.

II - DESCRIPTION DES PHENOMENES

Le premier paragraphe sera consacré à l'étude du " phénomène élémentaire " c'est-à-dire l'étude de la forme des courbes de convergence. Le second sera consacré à l'étude de la convergence finale. Dans le troisième nous décrirons l'évolution des déformations qui affectent les terrains entourant la voie ; pour cela nous comparerons les convergences des deux côtés de la voie par la méthode des alignements, nous comparerons les mouvements du toit et du mur en utilisant les mesures absolues et nous comparerons les mouvements des bancs situés à différentes profondeurs à l'aide des mesures d'expansion. Le quatrième paragraphe enfin sera consacré à l'étude de la dispersion des convergences le long d'une même voie ; pour concrétiser cette dispersion nous " visualiserons " les déformations longitudinales des bancs du toit par la méthode des profils.

1° Etude de la convergence d'un doublet

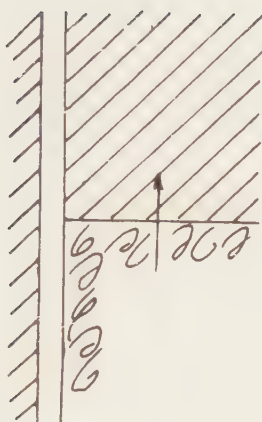
a) Continuité des courbes

Pensant que la continuité des courbes devait être liée à l'état de fracturation des épontes, nous nous attendions à ce que les courbes de convergence de la deuxième taille soient plus irrégulières que celles de la première. En fait, pour les trois campagnes sur lesquelles nous avons pu suivre successivement les deux passages, la différence est peu sensible (voir par exemple figure 42). Dans la plupart des cas les discontinuités s'expliquent par des arrêts de taille ; en effet comme le montre la figure 43 où nous avons superposé,

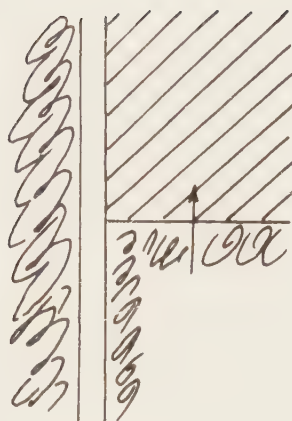
pour la campagne Marthe VC 9, les courbes tracées en fonction du temps et le diagramme d'avancement des tailles, un arrêt de taille n'entraîne pas un arrêt brusque de la convergence mais un freinage; la convergence qui se donne pendant l'arrêt se traduit par une discontinuité sur la courbe tracée en fonction de la distance du front, alors que les courbes tracées en fonction du temps ne présentent aucune discontinuité. Pour l'une des campagnes cependant (Emilie VC 1^b) les courbes sont très irrégulières malgré un avancement régulier de la taille (voir figure 44). Notons qu'on avait déjà rencontré de telles anomalies dans des voies soumises à l'influence d'un premier passage de taille.

b) Forme des courbes

Les courbes de convergence ont, pour le passage de la deuxième taille comme pour celui de la première, une forme en S dont le point d'inflexion est situé au voisinage du passage de la taille à l'aplomb de la station. Ces courbes se distinguent cependant par l'importance de la convergence dans la phase avant-passage; pour le montrer, nous avons tabulé page 73 et représenté figure 45 les courbes moyennes de deuxième passage de toutes les campagnes pour les doublets situés côté taille. Deux d'entre elles (Emilie VC 2 et Pauline VC 20) ont des convergences d'avant-passage comparables à celles que produit un premier passage (les mouvements commencent entre - 10 et - 30 mètres et le paramètre C_{-30}° représente à peu près 10% de qW); toutes les autres ont des convergences d'avant-passage beaucoup plus importantes (jusqu'à 45% de qW pour E- S.O. 385) et qui commencent beaucoup plus tôt (jusqu'à - 100 mètres pour la même campagne). Cette différence s'interprète, comme nous l'avons expliqué au chapitre 1, par le fait que l'appui offert par la veine de charbon aux bancs du toit a une surface beaucoup plus petite pour le deuxième passage que pour le premier (voir page 32).



Premier passage



Deuxième passage

Dans trois des campagnes faites au Siège de La Houve en Lorraine (F.N.E. 275, E.N.E. 475, E.S.O. 385), nous avons trouvé deux familles de courbes de formes différentes : les unes avaient une forme normale et les autres présentaient deux points d'inflexion, le second se situant une cinquantaine de mètres après le passage de la taille (voir figure 46). Cette reprise tardive de la convergence est peut-être due au dépassement d'un seuil dans la détérioration du soutènement. Pour ces trois campagnes, nous n'avons pas calculé les courbes moyennes de la phase après-passage car ce calcul n'a de sens que si les courbes sont sensiblement affines.

REMARQUE

Nous avons représenté figure 47 les courbes de conver-

DEUXIEME PASSAGE DE TAILLE

COURBE MOYENNE DE CONVERGENCE DES DOUBLETS SITUES COTE TAILLE (en m)

d en m	-100	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0
N. O. 500		0	0,015	0,032	0,050	0,072	0,115	0,155	0,220	0,325	0,553
S. O. 385	0	0,020	0,030	0,050	0,073	0,102	0,140	0,183	0,270	0,404	0,700
N. E. 475	0	0,006	0,010	0,018	0,030	0,050	0,072	0,068	0,158	0,240	0,412
N. E. 275				0	0,020	0,031	0,050	0,071	0,102	0,168	0,342
Joséphine KVC 124	0	0,019	0,030	0,045	0,062	0,082	0,115	0,155	0,200	0,265	0,372
17 Couchant								0	0,050	0,120	0,215
Pauline VC 20					0	0,05	0,07	0,011	0,025	0,070	0,225
Emilie VC 1b					0	0,020	0,050	0,100	0,160	0,215	0,345
Emilie VC 2						0	0,002	0,004	0,010	0,017	0,071
Marthe VC 9		0	0,009	0,023	0,039	0,058	0,076	0,099	0,132	0,195	0,309

	+10	+20	+30	+40	+50	+60	+70	+80	+90	+100	+125	+150	+200
N. O. 500	0,788	0,917	0,997	1,058	1,111	1,155	1,190	1,221	1,249	1,274	1,325	1,365	1,415
S. O. 385	0,903	0,995	1,057	1,116	1,175	1,236	1,296	1,351	1,402	1,446	1,541	1,614	1,694
N. E. 475	0,566	0,647	0,705	0,764	0,826	0,888	0,938	0,984	1,022	1,054	1,123	1,163	1,240
N. E. 275	0,480	0,557	0,620	0,670	0,720		0,811		0,885		0,977	1,030	1,095
Joséphine) VC 124	0,540	0,650	0,735	0,817	0,860								
Oignies 17) Couchant	0,415	0,575	0,660	0,720	0,755								
Pauline VC 20													
Emilie VC 1b	0,433	0,513	0,568	0,603	0,625	0,640	0,648						
Emilie VC 2	0,284	0,416	0,478	0,524	0,562	0,597	0,623	0,645	0,664	0,675	0,691		
Marthe VC 9	0,440	0,517	0,559	0,589	0,609	0,630	0,645	0,659	0,667	0,673			

gence tracées en fonction du temps des stations 4 et 15 de la campagne Marthe VC 9. La vitesse de convergence s'annule pratiquement complètement entre les deux passages pour la station 4 à laquelle correspond un décalage moyen supérieur à 100 mètres; pour la station 15 à laquelle correspond un décalage moyen d'environ 80 mètres, la vitesse de convergence ne s'annule pas tout-à-fait complètement. Sur les courbes de la campagne Oignies 17 Couchant pour laquelle le décalage moyen était de 90 mètres, la stabilisation des convergences entre les passages des deux tailles n'est pas non plus tout-à-fait complète (figure 48). Il semble par conséquent qu'un décalage d'environ 100 mètres soit nécessaire pour que les deux passages soient indépendants.

En résumé, la principale différence de forme entre les courbes d'un premier et d'un deuxième passage tient à l'amplitude de la convergence dans la phase avant-passage : pour un premier passage elle est presque toujours très faible (généralement inférieure à 15% de qW) alors qu'elle peut, pour un deuxième passage, prendre des valeurs beaucoup plus importantes (45 % de qW pour E.S.O.385).

2° Amplitude de la convergence finale

a) Exploitations chassantes

Dans ce type d'exploitation la voie est conservée et utilisée après le passage de la deuxième taille. La convergence finale à prendre en considération est celle qui affecte la voie après l'exploitation complète des deux tailles.

Nous avons représenté figures 49 et 50 les courbes moyennes de convergence des trois campagnes pour lesquelles nous avons pu étudier successivement l'influence des deux passages. Pour Oignies 17 Couchant et Joséphine KVC 124, les courbes s'arrêtent 50 mètres après le passage de la seconde taille alors que la convergence n'est pas encore complètement amortie. A cette distance cependant la vitesse de convergence est suffisamment faible pour qu'on puisse, en utilisant un ajustement hyperbolique (nous verrons en effet page 91 qu'ils permettent de bien rendre compte de la

phase après-passage), obtenir une valeur finale sans gros risque d'erreur. Pour Marthe VC 9, les courbes vont jusqu'à + 100 m et, à cette distance, la convergence est pratiquement complètement amortie. Nous avons résumé dans le tableau ci-dessous les valeurs finales obtenues pour ces trois campagnes.

Convergence finale après les deux passages de taille en % de qW

	Oignies 17 Couchant	Joséphine KVC 124	Marthe VC 9
Côté 1ère taille	100	100	130
Milieu de voie	90	140	160
Côté 2ème taille	90	90	120

Sur les côtés de la voie les valeurs de la convergence finale sont assez peu dispersées et toujours voisines de qW ; (au milieu au contraire la dispersion est plus importante); si pour Oignies 17 Couchant la convergence finale est voisine de qW , cela n'est plus vrai pour la campagne de Joséphine KVC 124 et encore moins pour celle de Marthe VC 9. Ce résultat s'explique facilement car le doublet milieu est beaucoup plus influencé que les doublets latéraux par la flexion des bancs due au vide de la voie.

D'un point de vue pratique, c'est malheureusement en milieu de voie que la hauteur restante a la plus grande importance. La "loi du qW " fournit un ordre de grandeur de la convergence finale mais les prévisions faites à partir de cette loi sont peu précises. Nous ferons toutefois deux remarques.

- La première est à rapprocher de celle que nous avons faite à propos de la campagne Mathilde Vf₁ dans l'étude des double-

units (voir page 59). Parmi les trois campagnes qui nous ont permis d'étudier les deux passages, celle pour laquelle l'écart à qW est le plus important est celle de Marthe VC 9 pour laquelle les tailles étaient remblayées; dans ce cas, la voie n'étant pas protégée par un épi de remblai, on comprend que la flexion des bancs du toit et le soufflage du mur soient plus importants que lorsque les tailles sont foudroyées.

- Il n'est pas équivalent, du point de vue de la gestion, que le surcroît de convergence du à la flexion des bancs provienne du toit ou du mur. En effet pour redonner à la voie une section suffisante on devra, dans le premier cas, procéder à un rauchage tandis qu'il suffira, dans le second, d'un rabaissage qui est une opération beaucoup moins coûteuse. Pour la campagne Marthe VC 9 les mesures absolues nous ont permis de connaître l'importance des mouvements du mur. On peut constater dans le tableau ci-dessous que ces mouvements ne sont pas du tout négligeables; en milieu de voie ils représentent environ 30% de la convergence. On peut constater également que les affaissements du toit sont seulement légèrement plus importants au milieu que sur les côtés et que les valeurs de l'affaissement final restent voisines de qW : le surcroît de convergence provient, dans ce cas, surtout du soufflage du mur.

Mouvements absolus en % de qW pour Marthe VC9 à la fin de l'exploitation

	Affaissement du toit	Montée du mur
Côté 1ère taille	100	20
Milieu de voie	110	40
Côté 2ème taille	90	20

En résumé, nous ne disposons pas d'un nombre de campagnes suffisant pour pouvoir tirer des conclusions définitives. Dans les trois campagnes que nous possédons, nous avons observé une convergence finale assez voisine de qW sur les côtés de la voie; par contre, pour deux d'entre elles, nous avons observé en milieu de voie une convergence voisine de $1,5 qW$. Pour Marthe VC 9 les mesures absolues nous ont permis de montrer que ce surcroît de convergence provenait presque uniquement de la montée du mur et que par conséquent la " loi du qW " s'appliquait aux affaissements du toit. Ce résultat, qui repose sur une seule campagne de mesure, aurait bien sûr besoin d'être confirmé par d'autres études (1), mais s'il l'est il pourrait présenter un grand intérêt pratique. En effet en donnant à la voie une hauteur initiale égale à la somme de la hauteur minimum nécessaire à la circulation et de qW , on devrait pouvoir éviter les rauchages. On limiterait ainsi les travaux d'entretien à un rabaissage en cas de soufflage du mur.

b) Exploitations rabattantes

Dans ce type d'exploitation la voie est abandonnée après le passage de la deuxième taille; la convergence finale qui intéresse le mineur est celle qui affecte la voie au moment où elle est foudroyée c'est-à-dire environ à 5 mètres après-passage. Nous avons résumé dans le tableau ci-dessous les valeurs moyennes du paramètre $C_{-30(1)(2)}^{+5(2)}$ pour les trois campagnes où nous avons pu étudier successivement les deux passages.

-
- (1) Il est en particulier très peu probable que ce résultat soit vérifié pour les voies de la Houve où l'on observe souvent une flexion importante des bancs du toit dès le passage de la première taille.
- (2) La définition du paramètre $C_{d1(1)}^{d2(2)}$ a été donnée page 27.

	17 Couchant		Joséphine KVC 124		Marthe VC 9	
	C ⁺⁵⁽²⁾ -30(1) en m	% de qW	C ⁺⁵⁽²⁾ -30(1) en m	% de qW	C ⁺⁵⁽²⁾ -30(1) en m	% de qW
Côté 1ère taille	0,45	34	1,08	69	0,62	83
Milieu de voie	0,45	34	1,25	80	0,86	115
Côté 2ème taille	0,50	38	0,70	45	0,56	75

Les valeurs obtenues sont très dispersées. Nous pouvons toutefois faire les remarques suivantes :

- La voie de la campagne Oignies 17 Couchant était dans des conditions particulières (voir remarque page 70). Nous avons déjà remarqué que les convergences dues à la première taille étaient anormalement faibles.

- Pour Marthe VC 9 nous trouvons des convergences fortes, qui dépassent qW en milieu de voie, mais nous avons déjà montré que les mouvements du mur étaient importants. Si nous prenons les valeurs de l'affaissement du toit, nous trouvons les valeurs suivantes qui sont tout-à-fait comparables aux convergences de Joséphine KVC 124 :

	T ^{+5 (2)} -30 (1) en mètre	% de qW
Côté 1ère taille	0,58	78
Milieu de voie	0,57	76
Côté 2ème taille	0,43	57

Ici encore ne disposant que de trois campagnes, nous ne pouvons pas généraliser. Notons cependant que, dans les trois cas, l'affaissement du toit à + 5 (2) est inférieur à $0,8 qW$. Ce résultat, s'il se confirme, devrait permettre d'éviter les rauchages en donnant à la voie une hauteur initiale égale à la somme de la hauteur minimum et de $0,8 qW$.

3° Déformations des terrains autour de la voie

a) Etude des " basculements " du toit par la méthode des alignements

Nous avons exposé dans l'introduction cette méthode qui consiste à porter la convergence d'un doublet situé sur l'un des côtés de la voie en fonction de la convergence du doublet du doublet de la même station qui se trouve de l'autre côté (voir page 15). Nous obtenons généralement de bons alignements (la campagne d'Emilie VC 1^b fait exception. Nous avons déjà constaté que les courbes de cette campagne étaient très " irrégulières " malgré un avancement régulier de la taille).

A titre d'exemple, nous avons représenté figure 51 le graphique correspondant à la station 14 de la campagne de Marthe VC 9; nous trouvons 5 alignements. Les trois premiers qui correspondent au passage de la première taille ont déjà été décrits (voir page 16), le quatrième correspond au basculement des bancs au passage de la seconde taille et le cinquième traduit un comportement symétrique, le toit reposant sur le remblai des deux côtés de la voie. Le troisième changement de pente se produit généralement entre 5 et 10 mètres avant le passage de la seconde taille et le quatrième entre 10 et 30 mètres après passage.

Qualitativement la deuxième taille donne lieu à un basculement du toit tout-à-fait analogue à celui que produit la première taille. Quantitativement on peut remarquer les deux différences suivantes :

- pour la première taille le changement de pente se produit presque toujours au voisinage immédiat du passage de taille tandis que, pour le second, il se produit généralement quelques mètres avant. La différence de surface d'appui offerte par la veine de

charbon aux bancs du toit permet de le comprendre : pour le second passage la surface d'appui étant plus faible, la zone fissurée en avant du front est plus large et le " basculement " du toit commence plus tôt.

- le changement de pente dû au basculement du toit est presque toujours plus important pour le passage de la première taille que pour celui de la seconde, ce qui signifie que le basculement du toit se fait , dans ce dernier cas, de façon plus progressive. On peut d'ailleurs retrouver ce résultat sur les courbes moyennes de la figure 53; on voit en effet que les pentes à l'inflexion des courbes des doublets situés côté taille et côté opposé sont beaucoup plus différentes pour le premier passage que pour le second.

b) Mouvements absolus du toit et du mur

Les courbes d'affaissement du toit et de montée du mur pour la campagne Marthe VC 9 sont représentées figure 50. Nous avons déjà étudié au paragraphe 2 l'amplitude des mouvements à la fin de l'exploitation (la montée du mur représente environ 30% de la convergence en milieu de voie et 15% sur les côtés). Nous allons maintenant comparer l'évolution de ces mouvements. Il est en effet intéressant de savoir si les courbes sont affines ou non car c'est seulement à cette condition que l'évolution de la convergence sera représentative de celle de chacune des épontes.

Pour faire cette comparaison, nous avons porté sur un graphique la montée du mur en fonction de l'affaissement du toit pour la même distance de taille. Les mesures de montée du mur étant peu précises pour les broches latérales, nous avons fait la comparaison sur les doublets milieu, en utilisant les courbes moyennes. Le graphique obtenu est représenté figure 52. Jusqu'au passage de la deuxième taille les points sont sensiblement alignés donc les mouvements sont proportionnels et les courbes sont affines. Après le passage de la seconde taille on a un deuxième alignement presque parallèle à l'axe des abscisses : pour cette phase la montée du mur est négligeable devant l'affaissement du toit.

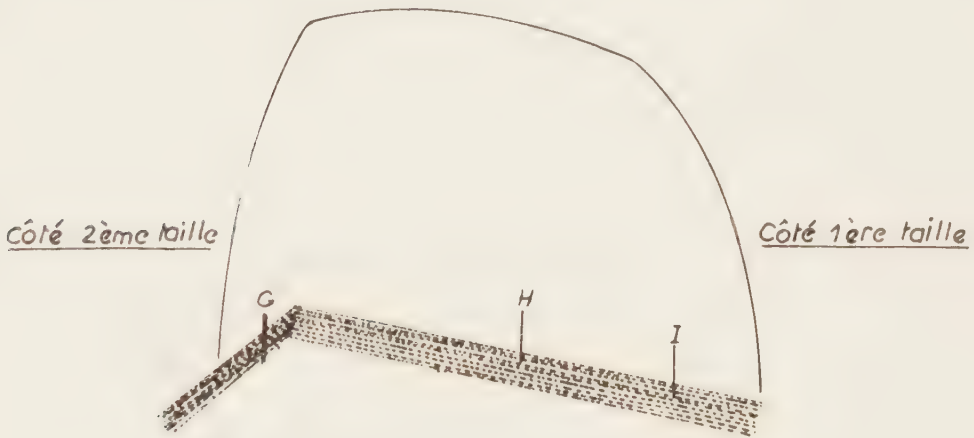
c) Expansion des bancs du toit et du mur

La campagne Marthe VC 9 comportait quatre stations équipées au toit et au daisne de broches spéciales pour mesures

d'expansion que nous avons décrites page 21. Chaque broche comportait un repère superficiel, un ancrage fixé à 0,7 m et un ancrage plus profond situé à 1,2 m pour les stations 11 et 13 et à 2,2 m pour les stations 12 et 14. Nous étudierons successivement les expansions du mur puis celles du toit.

- expansion des bancs du mur

Un rabaissage important était fait au passage de la deuxième taille qui permettait d'observer une section des bancs du mur. L'aspect de cette section est schématisé ci-après. On pouvait remarquer une importante cassure longitudinale côté deuxième taille.

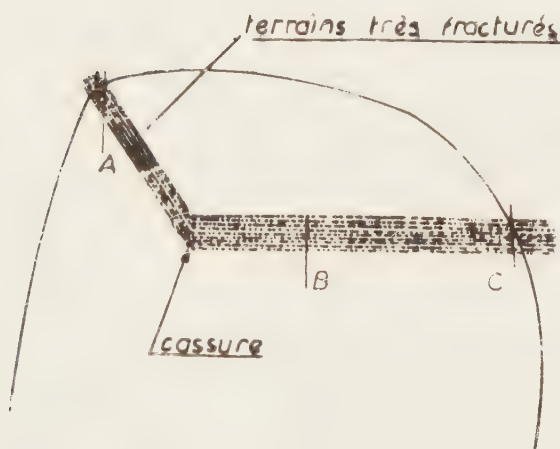


Nous avons représenté figure 53 les courbes d'expansion en fonction de la distance des tailles des broches du mur de la station 14. Nous constatons que les expansions entre les niveaux 0 et 0,7 mètre sont très faibles sauf pour la broche G qui était située à proximité de la cassure. Entre les niveaux 0,7 et 2,2 mètres, les courbes d'expansion ont une forme en S comparable à celle des courbes de convergence; nous pouvons voir sur ces courbes que les

expansions se produisent presque uniquement au passage de la première taille. Utilisant les mesures absolues et les mesures d'expansion, nous avons représenté figure 54 les positions initiales et finales des bancs du mur pour les quatre stations étudiées; il est frappant de constater qu'à une profondeur de 1,2 m, la montée du mur est encore, en moyenne, de 75 % de celle du mur de la voie et à une profondeur de 2,2 m elle est encore de 60 %. Cela nous montre que la montée du mur n'est pas seulement un soufflage superficiel mais qu'elle peut affecter les bancs à une profondeur importante.

- expansion des bancs du toit

Nous n'avons pas pu observer de section des bancs du toit dans le VC 9. Mais nous avons pu l'observer dans les VC 6 et 10 de la même veine qui étaient exploités dans les mêmes conditions et où l'on faisait un rauchage au passage de la deuxième taille. L'aspect est schématisé ci-après.



Les bancs étaient fracturés par une importante cassure longitudinale située, comme pour le daisne, côté deuxième taille. Après le passage de la première taille, un important feuilletage superficiel du toit provoquait de nombreuses chutes de blocs.

Nous avons représenté figure 55, pour la campagne Marthe VC 9, les courbes d'expansion des bancs du toit en fonction de la distance des tailles pour la station 12. Chaque fois que se produisait une chute de blocs entraînant un repère superficiel, il fallait prendre un nouveau repère; c'est pourquoi les courbes d'expansion entre les niveaux 0 et 0,7 m sont constituées de plusieurs arcs, chacun correspondant à la pose d'un nouveau repère. On voit que les chutes de blocs ont été particulièrement abondantes au voisinage de la broche A qui se trouvait dans la zone de terrains fracturés. Sous l'influence de la première taille, les expansions entre les niveaux 0,7 et 2,2 m ont évolué régulièrement suivant une courbe en S analogue à la courbe de convergence. Contrairement à ce que l'on avait trouvé dans les études antérieures, nous avons trouvé ici des expansions plus importantes côté taille que côté massif. Sous l'influence de la seconde taille les expansions ont évolué de façon très irrégulière, ce qui rend les mesures suspectes : il est probable que les broches ont été arrachées ou tordues (1).

(1) Quel que soit le procédé utilisé, ces mesures présentent toujours l'inconvénient de ne pas permettre de savoir par observation directe si, par suite des déformations et des ruptures des bancs, certaines broches ont été tordues ou arrachées. Cet inconvénient est particulièrement gênant au passage de la seconde taille où les bancs du toit sont très fracturés.

Les différentes méthodes que nous avons utilisées dans ce paragraphe pour décrire les déformations des terrains autour de la voie donnent chacune un aspect de ces déformations. Pour en avoir une représentation plus globale, nous avons schématisé (figure 56) pour la campagne Marthe VC 9, à l'échelle 1/50°, les déformations d'un cadre et des bancs après le passage de chacune des tailles. Nous avons utilisé, pour faire ces croquis, les mesures absolues, des photos et des relevés de sections faits au planimètre.

Après le passage de la première taille les cadres étaient peu déformés; la cassure du toit commençait à apparaître. Le passage de la deuxième taille s'est traduit par un feuilletage des bancs du toit (détériorations des terrains autour de la " cassure ") et par un fluage important du charbon dans la voie. En fin d'exploitation les cadres étaient très déformés par les effets conjugués de l'affaissement du toit et du fluage : l'affaissement du toit avait provoqué une flexion des couronnes et le fluage du charbon, avant le passage de la deuxième taille, avait provoqué une flexion des pieds vers l'intérieur de la voie. Pour éviter les éboulements, le soutènement était renforcé, après le passage de la deuxième taille, par un longeronnage en bois.

Nous avons observé des déformations analogues dans le KVC 124 de Joséphine qui était équipé d'un soutènement Marietta : flexion importante du toit côté deuxième taille, et fluage du charbon avant le passage de la deuxième taille.

4° Dispersion longitudinale - Profils.

Les méthodes d'étude et les résultats trouvés pour le passage de la première taille ont été exposés dans l'introduction (voir page 16).

a) Etude de la dispersion

Nous avons rassemblé dans le tableau de la page 85 les caractéristiques de dispersion (écart type σ et coefficient de de variation σ/m d'un paramètre $C_{d_1}^{d_2}$) de toutes les campagnes pour lesquelles nous disposons d'un nombre suffisant de stations pour

DISPERSION DES CONVERGENCES LE LONG DE LA VOIE

		Joséphine KVC 124		Marthe VC 9		S. O. 385	
		σ	σ/m	σ	σ/m	σ	σ/m
Pour le passage de la 1ère taille	Côté 1ère taille	0,120	0,19	0,067	0,14		
	Milieu	0,145	0,26	0,115	0,25		
	Côté 2ème taille	0,150	0,60	0,090	0,44		
pour le passage de la 2ème taille	Côté 1ère taille			0,065	0,17	0,231	0,25
	Milieu			0,085	0,14	0,195	0,11
	Côté 2ème taille			0,087	0,15	0,220	0,16
Pour l'ensemble	Côté 1ère taille			0,105	0,12		
	Milieu			0,135	0,13		
	Côté 2ème taille			0,110	0,14		

		N. O. 500		Emilie VC 1b		Oignies 17 Ct	
		σ	σ/m	σ	σ/m	σ	σ/m
Pour le passage de la 1ère taille	Côté 1ère taille					0,044	0,22
	Milieu					0,032	0,19
	Côté 2ème taille					0,032	0,21
Pour le passage de la 2ème taille	Côté 1ère taille	0,167	0,13	0,085	0,31	0,067	0,09
	Milieu	0,153	0,11	0,125	0,26	0,073	0,10
	Côté 2ème taille	0,222	0,16	-	-	0,053	0,07
Pour l'ensemble	Côté 1ère taille					0,076	0,08
	Milieu					0,082	0,09
	Côté 2ème taille					0,068	0,07

pouvoir les calculer.

Pour le passage de la première taille, les études antérieures avaient montré que le coefficient de variation relatif aux doublets situés côté taille est toujours voisin de 0,17 (compris entre 0,13 et 0,23). Ce résultat est confirmé par les trois campagnes où nous avons étudié l'influence du passage de la première taille ($\sigma/m = 0,19$ pour Joséphine KVC 124, 0,14 pour Marthe VC 9 et 0,22 pour 17 Couchant). La dispersion longitudinale des doublets situés au milieu et côté massif avait été peu étudiée. Nous constatons sur ces trois campagnes que les écarts-types (qui caractérisent la dispersion absolue) sont du même ordre de grandeur quelle que soit la position des doublets tandis que les coefficients de variation (qui caractérisent la dispersion relative) sont très différents.

Pour le passage de la deuxième taille nous trouvons, pour trois des voies étudiées, des coefficients de variation côté taille tout-à-fait comparables à ceux qu'on observe au premier passage (0,15 pour Marthe VC 9, 0,16 pour E.S.O. 385 et 0,16 pour E.N.O. 500). La quatrième (Oignies 17 Couchant) a une dispersion plus faible ($\sigma/m = 0,07$). Comme pour le premier passage, les écarts-types relatifs aux doublets situés en milieu de voie et côté première taille sont sensiblement égaux à ceux des doublets situés côté deuxième taille; mais, les moyennes étant cette fois peu différentes, les coefficients de variation sont également du même ordre de grandeur pour les trois positions de doublets. Pour certaines voies, la distribution le long de la voie des convergences des doublets situés côté taille présente une allure périodique tout-à-fait comparable à celle qu'on peut observer après le passage de la première taille. A titre d'exemple, nous avons représenté figure 57 la distribution du paramètre

$$C + 150 \text{ (2) pour E.N.O. 500.}$$

$$C - 30 \text{ (2)}$$

Pour l'ensemble des deux passages, les écarts-types sont un peu plus grands que pour un seul passage mais les coefficients de variation sont un peu plus petits.

b) Profils

Nous avons représenté, figures 58, 59, 60, 61, 62 et 63, les profils des trois campagnes pour lesquelles nous avons pu étudier successivement l'influence des deux tailles.

Côté première taille nous retrouvons, pour les campagnes de Marthe VC 9 et Joséphine KVC 124, le processus de fléchissement périodique que nous avons schématisé figure 8. Pour Oignies 17 Couchant, la longueur de voie étudiée était trop petite (30 mètres) pour le mettre en évidence.

Côté deuxième taille nous ne retrouvons pas ce processus de déformation : les deux côtés de la voie se déforment de façons différentes.

Le passage de la deuxième taille se traduit par une amplification des déformations dues à la première taille : les doublets dont la convergence était forte au premier passage ont également une convergence forte au second et inversement.

c) Remarque sur les déformations du mur

Toutes les tentatives entreprises pour mettre en évidence une liaison entre les variations d'ouverture et celles des déformations le long de la voie étaient, jusqu'à maintenant, restées vaines. Cela provient sans doute du fait que l'on utilisait les convergences pour caractériser les déformations; en utilisant les mesures absolues, nous avons trouvé, pour la campagne Marthe VC 9, une liaison très nette entre l'ouverture et la montée du mur sur les côtés de la voie. Pour la mettre en évidence, nous avons superposé le profil des ouvertures et les profils finals de montée du mur en éliminant, par un lissage, les irrégularités locales (figure 64).

Ce résultat est intéressant car il pourrait permettre de prévoir les endroits où un rabaissage sera nécessaire. Rappelons cependant qu'il repose sur une seule campagne de mesures et demanderait par conséquent à être confirmé.

III - RECHERCHE DES FACTEURS AYANT UNE INFLUENCE

SUR LES CONVERGENCES DUES A LA DEUXIEME TAILLE

Nous utiliserons pour cette étude les courbes moyennes des doublets situés côté taille car ce sont eux qui, dans la plupart des cas, ont les convergences les plus fortes. Nous ne pourrons pas comme pour les double-units faire appel, pour guider la recherche,

à un modèle de résistance des matériaux : les appuis n'étant pas symétriques, les déformations ne sont pas planes, le modèle serait très compliqué. La méthode utilisée pour l'étude de la courbe de convergence de la première taille qui avait consisté, ayant ramené les convergences à qW , à tabuler une courbe moyenne, n'est pas non plus satisfaisante. Celle-ci permet en effet de prévoir correctement la convergence finale mais ne permet que des prévisions très imprécises au voisinage du passage des tailles. Or pour la deuxième taille, cette prévision est aussi intéressante que celle de la convergence finale car la voie est souvent abandonnée après le passage de la taille. C'est pourquoi nous étudierons séparément les phases avant et après-passage. Pour cela nous chercherons pour chacune de ces phases des ajustements à des courbes mathématiques et, sachant que pour les convergences dues à la première taille les deux facteurs prépondérants sont l'ouverture exploitée W et le coefficient de remblayage q , nous chercherons à priori l'influence de ces deux facteurs sur les paramètres d'ajustement.

1° Etude de la phase avant-passage

Ayant trouvé que les courbes exponentielles permettaient de bien rendre compte de la convergence d'avant-passage des double-units, nous avons recherché également des ajustements exponentiels pour les avant-passages des courbes de deuxième passage.

a) Recherche d'ajustements exponentiels de la forme $C = Ae^{d/u}$

La méthode utilisée pour rechercher ces ajustements est la même que celle que nous avons présentée dans le chapitre II à l'occasion des double-units (voir page 56). Nous avons imposé à la courbe d'ajustement de passer exactement par le même point que la courbe moyenne au passage de la taille pour que les ajustements des phases avant et après-passage se raccordent et soient représentatifs de l'ensemble de la courbe. Nous avons représenté figures 65 et 74 les ajustements que nous avons retenus pour chacune des campagnes. Ils sont toujours bons à partir de -30 mètres et presque toujours à partir de -50 mètres; l'asymptote a généralement une ordonnée légèrement positive : la convergence réelle commence plus tôt que nous le ferait prévoir l'ajustement; nous interprétons cette différence comme étant un reste de convergence due à la première taille. Lorsque les courbes ne commencent pas au début des mouvements, comme c'est le cas pour Emilie VC 1^b et Oignies 17 Couchant, l'ajustement permet une extrapolation raisonnable qui rend possible la comparaison des chantiers entre eux.

Les valeurs, pour les différentes campagnes, des coefficients A et u sont résumés dans le tableau de la page 96.

b) Etude du paramètre d'amplitude A

Nous avons représenté figure 75 le graphique de la corrélation $A - W$. Nous trouvons une liaison croissante avec un coefficient de corrélation $r = 0,62$ (avec 10 points on a moins de 5 chances sur 100 pour qu'une telle corrélation soit due au hasard). La droite de corrélation a une ordonnée à l'origine fortement négative (significativement $\neq 0$); cela est surprenant car on ne voit pas de raison pour que la convergence d'avant-passage soit nulle lorsque l'ouverture est inférieure à une valeur limite W_0 .

On peut distinguer, dans le nuage de points, deux familles dont les points sont remarquablement alignés sur des droites qui se coupent sur l'axe des abscisses. La première explication qui nous est venue à l'esprit reposait sur la différence de dureté des charbons du Nord et des charbons lorrains. En effet, si nous mettons à part la voie de la campagne 17 Couchant qui, nous l'avons déjà remarqué, avait un comportement différent des autres, nous voyons que tous les points qui se trouvent au-dessous de la droite de corrélation représentent des campagnes faites dans le Bassin du Nord et tous ceux qui se trouvent au-dessus représentent des campagnes faites à La Houve dans le Bassin de Lorraine. Or les charbons du Bassin de Lorraine sont plus durs que ceux du Nord (des essais de compression d'éprouvettes, faits par le Laboratoire, ont donné $E \approx 40.000 \text{ kg/cm}^2$ pour la Lorraine et $E \approx 10.000 \text{ kg/cm}^2$ pour le Nord). Il est logique de penser que l'amplitude de la convergence d'avant-passage doit être liée à l'état d'écrasement du charbon en bordure de voie, lequel doit être fonction de la dureté du charbon. Ce résultat n'est malheureusement pas confirmé par l'expérience; nous voyons en effet sur le graphique de corrélation, qu'à ouverture égale, ce sont les campagnes de Lorraine qui donnent la convergence d'avant-passage la plus importante. Nous avons ainsi été amenés à rechercher une autre interprétation : deux explications nous paraissent également plausibles.

La première consiste à attribuer la différence de comportement que nous avons observée entre les campagnes du Nord et celles de Lorraine à l'influence du pendage. En effet les veines de La Houve ont une pente d'environ 20° tandis que celles que nous avons

étudiées dans le Nord ont une pente plus faible généralement voisine de 10° ; il est normal qu'un pendage important favorise une flexion du toit (la composante du poids qui est parallèle aux bancs soumet ceux-ci à une contrainte de flambage). Pour les campagnes de La Houve cette flexion est probablement favorisée par la présence de nombreuses passées charbonneuses dans les bancs du toit. Les études qui vont être entreprises prochainement par le Laboratoire dans des chantiers de semi-dressants, à la fois dans le Nord et en Lorraine, permettront de confirmer ou d'infirmar cette interprétation.

Le seconde explication possible repose sur la remarque suivante : dans l'étude des double-units, nous avons vu que les voies qui étaient situées sous d'anciennes exploitations avaient des convergences d'avant-passage plus faibles que les autres; or sur le graphique de corrélation de la figure 75, nous voyons que les points correspondant aux voies qui se trouvaient dans cette situation sont tous situés dans la partie inférieure du nuage. La différence de comportement entre les voies du Nord et celles de Lorraine serait due au fait que les voies étudiées dans le Nord étaient toutes situées sous d'anciennes exploitations alors que toutes les voies étudiées en Lorraine ne l'étaient pas, sauf une (F - N.E. 275) qui est précisément celle qui donne lieu à la convergence la plus faible. Cette interprétation est séduisante; elle permet en particulier d'expliquer que l'ordonnée à l'origine ne soit pas nulle par le fait que nous avons mélangé deux populations statistiques différentes. Il nous paraît toutefois étonnant que l'influence d'une exploitation sus-jacente se fasse encore sentir au passage de la deuxième taille : les terrains qui avaient été détendus par l'exploitation sus-jacente ont déjà été recomprimés par le passage de la première taille.

Le mode de traitement de l'arrière taille ne paraît pas avoir d'influence sur la convergence d'avant-passage. En effet la liaison trouvée entre A et W disparaît presque complètement, si l'on fait intervenir le coefficient de remblayage en cherchant la corrélation $A - qW$ ou $A - \sqrt{q} W$.

c) Etude de l'unité u

Nous avons représenté figure 76 le graphique de la corrélation $u - W$; nous trouvons une bonne liaison avec un coefficient de

corrélation $r = 0,8$ (avec 10 points on a moins d'une chance sur 100 pour qu'une telle corrélation soit due au hasard).

La pente de la droite de corrélation est très forte : à une faible différence d'ouverture correspond une importante différence d'unité. Elle présente, comme la corrélation A - W, une ordonnée à l'origine fortement négative. Par contre nous ne retrouvons pas la distinction entre les points représentatifs des campagnes du Nord et des campagnes de Lorraine.

REMARQUE

Nous avons également cherché l'influence d'autres facteurs, en particulier la profondeur et la vitesse d'avancement de la taille, mais nous ne sommes pas parvenus à les mettre en évidence. Cela ne signifie pas que ces facteurs n'ont pas d'influence mais seulement que celle-ci est trop faible pour que nous puissions la déceler avec l'information dont nous disposons.

2° Etude de la phase après-passage

Pour représenter la phase après-passage on avait pris, dans les études antérieures, l'habitude de travailler en utilisant des ajustements à des courbes logarithmiques; celles-ci ne sont pas très satisfaisantes pour l'esprit car elles ne possèdent pas d'asymptote; c'est la raison qui nous a amené à rechercher des ajustements hyperboliques qui sont, comme nous allons le montrer maintenant, tout aussi bons que les ajustements logarithmiques.

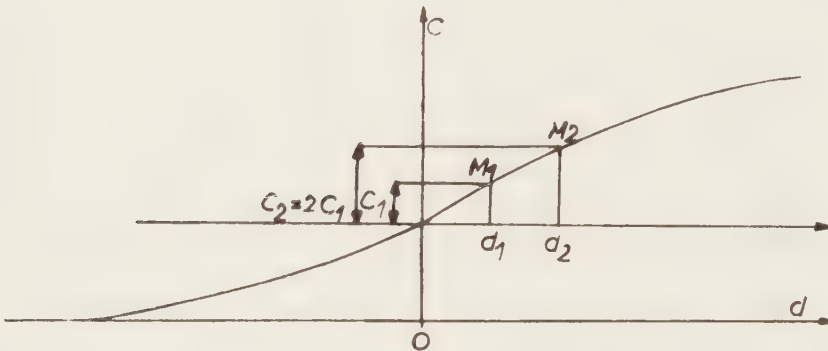
a) Recherche d'ajustements logarithmiques de la forme $C = B' \log \left(1 + \frac{d}{v}\right)$ et d'ajustements hyperboliques de la forme $C = B \frac{d}{d + v}$

La méthode que nous avons utilisée pour trouver ces ajustements et que nous allons présenter maintenant avait été mise au point, en ce qui concerne les ajustements logarithmiques, au cours des études antérieures (1). Elle est d'ailleurs très semblable

(1) Voir thèse de Monsieur le Professeur Schwartz, page 29.

à celle que nous avons utilisée pour les ajustements exponentiels d'avant-passage.

Nous faisons tout d'abord un changement d'origine en plaçant celle-ci au point où la courbe moyenne coupe l'axe des ordonnées. Comme pour la phase avant-passage, nous imposons à la courbe d'ajustement de passer par ce point de façon à ce que les ajustements des phases avant et après-passage se raccordent.



Nous cherchons alors une valeur approximative de l'unité par une construction graphique : si $M_1 (d_1, C_1)$ et $M_2 (d_2, C_2)$ sont deux points tels que $C_2 = 2 C_1$, on a

$$v' = \frac{d_1^2}{d_2 - 2 d_1} \quad \text{pour l'ajustement logarithmique}$$

et
$$v = \frac{d_1 d_2}{d_2 - 2 d_1} \quad \text{pour l'ajustement hyperbolique.}$$

Nous déterminons enfin une valeur plus précise de l'unité par approximations successives. Nous portons pour cela la convergence en fonction de $\log \left(1 + \frac{d}{v'}\right)$ pour l'ajustement logarithmique et en fonction de $d/d + v$ pour l'ajustement hyperbolique (en utilisant les tabulations des fonctions $y = \log \left(1 + \frac{x}{v'}\right)$ et $y = \frac{x}{x + v}$ des pages 94 et 95 .

Si la valeur de l'unité est trop petite, la courbe joignant les points a une courbure tournée vers le haut et si elle est trop grande, la courbure est tournée vers le bas (voir figure 77). Lorsque les points sont sensiblement alignés, la valeur de l'unité est correcte.

Nous avons représenté figures 65 à 74 les ajustements retenus. On peut voir qu'il y a très peu de différence entre les ajustements logarithmiques et hyperboliques; pour certaines courbes le premier est un peu meilleur (E - N.O. - 500 par exemple), pour d'autres au contraire c'est le second (Marthe VC 9 par exemple). Puisque nous ne donnons pas à ces ajustements une valeur explicative mais seulement une valeur descriptive, ces ajustements sont, dans le domaine de variation étudié, tout-à-fait équivalents. Cela nous montre le peu d'intérêt que présentent les controverses pour savoir si l'après-passage est logarithmique ou hyperbolique. Nous avons finalement choisi de travailler avec les ajustements hyperboliques qui sont plus pratiques à utiliser. Les valeurs des paramètres B et v sont résumés dans le tableau de la page 96 .

b) Etude du paramètre d'amplitude B

Le mode de traitement de l'arrière-taille ayant une influence sur l'amplitude des affaissements de surface, il était normal de penser qu'il ait aussi une influence sur l'amplitude de la convergence d'après-passage; c'est pourquoi nous avons représenté sur le graphique de la figure 78 les valeurs de B en fonction de qW . Nous trouvons une excellente corrélation linéaire qui explique pratiquement complètement les variations de B. L'ordonnée à l'origine de la droite des moindres carrés est légèrement négative (significativement $\neq 0$).

TABULATION DE LA FONCTION $\log \left(1 + \frac{x}{v'} \right)$

$x \backslash v'$	1	2	3	4	5
5	0,78	0,54	0,43	0,35	0,30
10	1,04	0,78	0,64	0,54	0,48
20	1,32	1,04	0,82	0,78	0,70
30	1,49	1,20	1,04	0,93	0,85
40	1,61	1,32	1,16	1,04	0,95
50	1,71	1,41	1,25	1,13	1,04
60	1,79	1,49	1,32	1,20	1,11
70	1,85	1,56	1,39	1,27	1,18
80	1,91	1,61	1,44	1,32	1,23
90	1,96	1,66	1,49	1,37	1,28
100	2,00	1,71	1,54	1,42	1,32
125	2,10	1,80	1,63	1,51	1,42
150	2,18	1,88	1,71	1,59	1,49
200	2,30	2,00	1,83	1,71	1,61
250	2,40	2,10	1,93	1,80	1,71

$x \backslash v'$	7,5	10	12,5	15	17,5	20
5	0,22	0,18	0,15	0,12	0,11	0,10
10	0,37	0,30	0,26	0,22	0,20	0,18
20	0,56	0,48	0,41	0,37	0,33	0,30
30	0,70	0,60	0,53	0,48	0,43	0,40
40	0,80	0,70	0,62	0,56	0,52	0,48
50	0,88	0,78	0,70	0,64	0,59	0,54
60	0,95	0,84	0,76	0,70	0,65	0,60
70	1,01	0,90	0,82	0,75	0,70	0,65
80	1,07	0,95	0,87	0,80	0,75	0,70
90	1,11	1,00	0,91	0,85	0,78	0,74
100	1,13	1,04	0,95	0,88	0,83	0,78
125	1,25	1,13	1,00	0,97	0,92	0,86
150	1,32	1,20	1,11	1,04	0,98	0,93
200	1,44	1,32	1,23	1,16	1,09	1,04
250	1,54	1,41	1,32	1,25	1,18	1,13

TABULATION DE LA FONCTION

x

x + v

$\begin{array}{c} v \\ \backslash \\ x \end{array}$	10	15	20	25	30	35
5	0,333	0,250	0,200	0,167	0,143	0,125
10	0,500	0,400	0,333	0,286	0,250	0,222
20	0,667	0,572	0,500	0,444	0,400	0,364
30	0,750	0,667	0,600	0,545	0,500	0,461
40	0,800	0,727	0,667	0,615	0,571	0,533
50	0,833	0,699	0,714	0,666	0,625	0,588
60	0,857	0,800	0,750	0,706	0,667	0,631
70	0,875	0,833	0,778	0,737	0,700	0,667
80	0,889	0,842	0,800	0,762	0,727	0,696
90	0,900	0,857	0,818	0,783	0,750	0,720
100	0,909	0,870	0,833	0,800	0,769	0,741
125	0,925	0,890	0,862	0,833	0,806	0,781
150	0,937	0,909	0,892	0,857	0,833	0,811
200	0,953	0,930	0,910	0,889	0,870	0,851
250	0,962	0,943	0,926	0,910	0,893	0,877

$\begin{array}{c} v \\ \backslash \\ x \end{array}$	40	45	50	80	100
5	0,111	0,100	0,091	0,059	0,048
10	0,200	0,182	0,167	0,111	0,091
20	0,333	0,309	0,286	0,200	0,167
30	0,428	0,402	0,375	0,272	0,231
40	0,500	0,471	0,444	0,333	0,286
50	0,555	0,527	0,500	0,384	0,333
60	0,600	0,572	0,545	0,428	0,375
70	0,636	0,608	0,583	0,466	0,412
80	0,666	0,640	0,615	0,500	0,444
90	0,692	0,667	0,643	0,529	0,479
100	0,724	0,690	0,666	0,556	0,500
125	0,757	0,735	0,714	0,609	0,556
150	0,789	0,770	0,750	0,650	0,600
200	0,833	0,816	0,800	0,714	0,667
250	0,862	0,847	0,833	0,758	0,715

DEUXIEME PASSAGE DE TAILLEDOUBLET SITUE COTE TAILLE

Paramètres A et u d'un ajustement de la forme $A e^{\frac{d}{u}}$ pour l'avant-passage

Paramètres B et v d'un ajustement de la forme $B \frac{d}{d+v}$ pour l'après-passage

	L O R R A I N E				N O R D					
	LA HOUVE				Hénin 21 Nord	Oignies Siège 7	6 Liévin	4 Lens	2 LENS	
	E Médian NO 500	E Médian SO 385	E Médian NE 475	F Médian NE 275	Joséphine KVC 124	17 Couchant	Pauline VC 20	Emilie VC 1b	Emilie VC 2	Marthe VC 9
	0,500	0,635	0,397	0,300	0,346	0,320	0,225	0,410	0,064	0,275
	17,5	20	20	12,5	30	22,5	8	32,5	5	20
	0,990				1,020	0,820		0,460	0,750	0,455
	35				50	25		25	25	25
Profon- deur H	500	385	475	275	460	380	700	515	430	500
Ouvert- ure W	1,45	1,55	1,40	1,30	1,56	1,31	1,40	1,70	1,20	1,50
W	1,45	1,55	1,40	1,30	1,56	1,31	1,40	0,85	1,20	0,75

REMARQUE

La corrélation entre le paramètre d'amplitude et l'ouverture exploitée est bien meilleure pour la phase après-passage (corrélation B - qW) que pour la phase avant-passage (corrélation A - W). Nous avons également trouvé, à l'intérieur de chaque chantier, une dispersion plus faible pour la phase après-passage que pour la phase avant-passage. Pourtant, les terrains étant fracturés au cours de l'exploitation, on s'attendrait au résultat inverse. Nous pensons que l'importance de la dispersion pour la phase avant-passage doit avoir deux origines :

- d'une part les variations des caractéristiques mécaniques du charbon à l'intérieur d'une même veine et a fortiori entre différentes veines (une campagne récente, faite par le Laboratoire dans une voie de premier passage à La Houve, a montré qu'il existe une liaison entre les variations du module d'élasticité le long de la voie et les variations d'amplitude de la convergence côté massif).

- d'autre part l'amplitude du soufflage du mur; on sait que celle-ci est très variable d'un chantier à l'autre et que, pour le deuxième passage de taille, la montée du mur se produit presque exclusivement dans la phase avant-passage.

c) Etude de l'unité v

L'influence du coefficient de remblayage sur l'unité v est moins évidente que sur le paramètre d'amplitude B. Nous avons porté sur le graphique de la figure 79 les quatre points représentatifs des chantiers foudroyés pour lesquels nous disposons des courbes d'après-passage; il semble que nous ayons une bonne corrélation mais le nombre de points est trop faible pour qu'il soit raisonnable de la calculer.

Nous avons aussi porté sur le graphique de corrélation les points représentatifs des deux chantiers remblayés, d'une part en fonction de W (représentés par ♦), d'autre part en fonction de qW (représentés par +). Les points ainsi obtenus encadrent les points correspondant aux chantiers foudroyés; pour qu'ils se mettent sur la corrélation, il faudrait porter les valeurs de v en fonction de $q^\alpha W$ où α aurait une valeur comprise entre 0 et 1.

En résumé, étudiant dans cette troisième partie l'influence des caractéristiques du chantier sur les courbes moyennes de convergence de dix voies, nous avons tout d'abord résumé chacune de ces courbes par quatre paramètres : A et u pour l'avant-passage, B et v pour l'après-passage. A et B caractérisent l'amplitude de la convergence, u et v la façon dont elle se donne (brusquement ou lentement). En ce qui concerne l'amplitude de la convergence - qui est, du point de vue pratique, la grandeur la plus importante - nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

- pour l'avant-passage, les différences d'ouverture entre les différents chantiers expliquent environ 40% des différences d'amplitude de la convergence ($r^2 = 0,38$). Nous n'avons pu mettre en évidence, ni l'influence du mode de traitement de l'arrière-taille, ni celle de la vitesse d'avancement, ni celle de la profondeur; l'influence de ces facteurs, si elle existe, doit donc être faible. Nous pensons que l'importance de la dispersion résiduelle (60%) est due principalement aux différences des caractéristiques mécaniques du charbon et du soufflage du mur. Ce ne sont là, bien sûr, que des hypothèses qui demanderaient à être vérifiées.

- pour l'après-passage l'influence de l'ouverture W et du mode de traitement de l'arrière taille (caractérisé par le coefficient de remblayage q) permettent d'expliquer la presque totalité des différences d'amplitude de la convergence ($r^2 = 0,98$).

IV - ESSAI DE SYNTHÈSE

En commençant cette étude, nous avions la crainte que les méthodes utilisées pour l'étude du premier passage ne donnent pour le second, du fait de la fracturation des bancs du toit, des résultats très dispersés et, par suite, inexploitable. En fait, qu'avons-nous observé ?

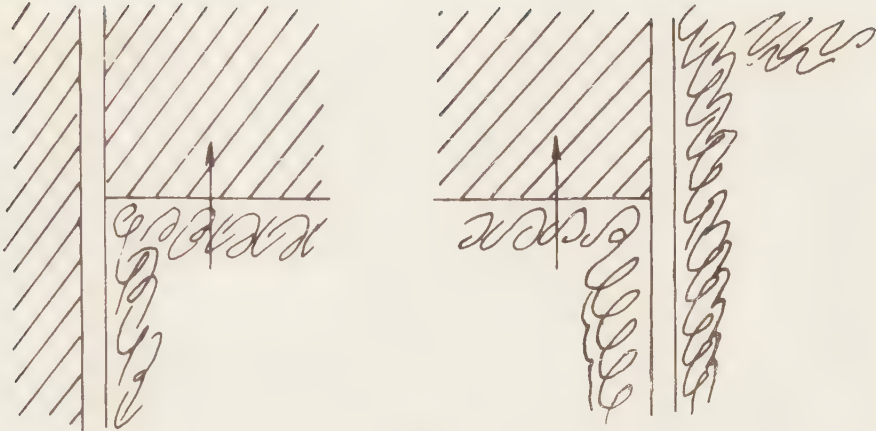
- En ce qui concerne la continuité des courbes de convergence, nous n'avons pas trouvé de différence.

- L'étude du " basculement " du toit nous a permis de retrouver les mêmes phases que pour le premier passage et la dispersion des points autour des alignements n'est pas plus importante.

- L'étude de la dispersion des convergences finales le long de la voie nous a permis de retrouver sur certaines voies, une périodicité et nous a conduit à des coefficients de variation côté taille du même ordre de grandeur que pour le premier passage.

Ces résultats montrent clairement que nos craintes n'étaient pas justifiées : la dispersion n'est pas plus importante pour le passage de la seconde taille que pour celui de la première. Il faut, pensons-nous, y voir la preuve que la fracturation et le feuilletage des bancs du toit n'affectent pas ceux-ci sur une hauteur importante : le " haut-toit " qui a gardé sa cohérence a des mouvements réguliers et le " toit immédiat ", malgré les nombreuses fractures qui ont supprimé la continuité des bancs, suit le même mouvement car il est maintenu en contact avec le haut-toit par la pression du soutènement.

En résumé, on peut dire, du seul point de vue des déformations, on observe à peu près les mêmes phénomènes pour le passage de la deuxième taille que pour celui de la première (mais rappelons que les déformations ne suffisent pas pour caractériser la détérioration de la voie : la fracturation des bancs du toit, en particulier, fait apparaître, au passage de la deuxième taille, un danger de chute de bloc qui existe peu au passage de la première). On peut interpréter les principales différences entre les deux passages par les petits schémas ci-après montrant la différence des surfaces d'appui offertes par la veine de charbon aux bancs du toit,

Première tailleDeuxième taille

Pour le deuxième passage , le toit ne trouvant appui que sur un seul quadrant, le charbon est beaucoup plus écrasé que pour le premier. Les différences portent surtout sur la phase avant passage :

- les convergences ont une amplitude plus grande et commencent à une distance plus grande du front de taille.

- le charbon écrasé flue beaucoup plus dans la voie entraînant une détérioration des cintres.

- la zone fissurée de la veine de charbon qui se trouve en avant du front de taille étant plus large, le " basculement " du toit vers la taille se produit plus tôt.

CONCLUSION

I - RESUME DE LA THESE

- 1° Influence du décalage
- 2° Etude des double-units à fronts alignés
- 3° Etude de deux passages indépendants
- 4° Etude des convergences finales.

II - PERSPECTIVES D'AVENIR

CONCLUSION

Dans une première partie, nous résumerons la démarche suivie et les principaux résultats mis en évidence; dans une seconde partie, nous présenterons les recherches qui devraient être entreprises pour la compléter.

I - RESUME DE LA THESE

Comme dans les études antérieures portant sur l'influence du passage de la première taille, nous avons surtout utilisé la convergence des épontes pour caractériser les déformations. Nous avons mis en évidence l'influence des cinq facteurs suivants sur la convergence :

- position des tailles,
- ouverture exploitée W,
- mode de traitement de l'arrière-taille (caractérisée par le coefficient de remblayage q),
- profondeur de l'exploitation H,
- présence d'exploitations sus-jacentes antérieures.

1° Influence du décalage

Les déformations ayant pour origine l'exploitation des tailles, le premier facteur a évidemment une influence prépondérante; son étude a fait l'objet du premier chapitre. Lorsque la voie subit l'influence d'une seule taille, la courbe de convergence d'un doublet en fonction de la distance de la taille ou en fonction du temps est (à condition toutefois que l'avancement de la taille ne soit pas trop irrégulier) une courbe en S dont le point d'inflexion est situé au voisi-

nage du passage de taille. Lorsque la voie subit simultanément l'influence de deux tailles, leur décalage a une grande importance sur l'évolution des convergences.

Deux campagnes, l'une où le décalage augmentait régulièrement, l'autre où il diminuait, nous ont permis de préciser cette évolution : lorsque les fronts étaient alignés, les courbes (tracées en fonction du temps) avaient, comme pour une seule taille, une forme en S dont le point d'inflexion était situé au voisinage du passage des tailles. Tant que le décalage est resté inférieur à 30 mètres environ, la forme est restée la même, l'augmentation du décalage se traduisant seulement par une diminution de la pente au point d'inflexion : les courbes étaient moins "raides". Pour un décalage plus important, les courbes présentaient deux points d'inflexion, chacun d'eux correspondant au passage d'une des tailles. Deux campagnes, présentées au chapitre 3, nous ont par ailleurs permis d'étudier à partir de quel décalage minimum la vitesse de convergence s'annule entre les deux passages; pour ces deux campagnes, nous avons observé cette stabilisation pour un décalage d'environ 100 mètres.

Pour étudier l'influence des autres facteurs sur la convergence, il fallait choisir des chantiers où le décalage soit sensiblement constant, ce qui pratiquement n'est réalisé que lorsque le décalage est très faible (double-unit à fronts alignés) ou lorsqu'il est très grand (deux passages successifs indépendants). Ces deux cas particuliers, dans lesquels se classent la plupart des exploitations actuelles, ont fait l'objet respectivement des chapitres 2 et 3. Nous avons utilisé la méthode suivante :

- nous avons tout d'abord caractérisé la convergence de chaque chantier par la courbe moyenne de plusieurs doublets (la dispersion des convergences à l'intérieur d'un chantier donné est trop importante pour qu'on puisse caractériser la convergence de ce chantier par la courbe de convergence d'un seul doublet).

- nous avons ensuite résumé chaque courbe par les paramètres d'un ajustement mathématique,

- nous avons ainsi ramené l'étude de l'influence d'un facteur à celle des liaisons statistiques entre les valeurs des paramètres et les modalités prises par ce facteur pour les différents chantiers étudiés.

2° Etude des double-units à fronts alignés

Ayant étudié huit voies, nous n'avons pu mesurer la convergence après le passage des tailles que pour deux d'entre elles. Dans ce type d'exploitation en effet la voie est généralement foudroyée après-passage; mais, pour cette même raison, l'étude de la phase après-passage ne présente pas beaucoup d'intérêt.

Nous avons montré que des ajustements exponentiels, de la forme $C = Ae^{d/u}$, permettent de bien rendre compte de la phase avant-passage. Ne disposant pas d'un nombre suffisant de campagnes pour étudier séparément l'influence de chaque facteur, nous avons fait appel à un modèle de résistance des matériaux qui nous a permis d'étudier globalement l'influence de l'ouverture exploitée, de la profondeur et du traitement de l'arrière-taille. Utilisant les cinq chantiers qui se trouvaient sous vierge, nous avons mis en évidence une liaison statistique entre le paramètre d'amplitude A et la quantité $\sqrt{\varpi q H W}$ d'une part, entre l'unité u et la quantité $\sqrt{W H}$ d'autre part. (1)

Pour les trois chantiers qui se trouvaient sous d'anciennes exploitations, nous avons retrouvé et de façon très nette, un résultat qui avait déjà été trouvé lors de l'étude du premier passage de taille : l'amplitude de la convergence est diminuée par la présence d'une ancienne exploitation sus-jacente.

3° Etude de deux passages indépendants

L'étude de la convergence due à la première taille avait été faite antérieurement. Les principaux résultats trouvés étaient les suivants :

- la courbe de convergence d'un doublet en fonction de la distance du front de taille est une courbe en S dont le point d'inflexion est situé au voisinage du passage de la taille,

(1) ϖ	poids volumique des terrains sus-jacents
q	coefficient de remblayage
H	profondeur de l'exploitation.
W	ouverture moyenne exploitée dans la zone de mesure

- pour les doublets situés côté taille les courbes moyennes de convergence de différents chantiers sont sensiblement affines et le rapport d'affinité est, en première approximation, proportionnel à qW .

- l'amplitude de la convergence moyenne est réduite par la présence d'une ancienne exploitation au-dessus de voie (à condition toutefois que l'exploitation ait été totale, la présence d'un stot a au contraire pour effet d'augmenter la convergence),

- au passage de la taille, il se produit un " basculement " des bancs du toit vers l'exploitation jusqu'au moment où celui-ci vient reposer sur le mur ou sur le remblai. Ce " basculement " explique que la convergence ait presque toujours une amplitude plus grande côté taille qu'en milieu de voie et côté massif,

- dans une voie donnée, on observe une flexion périodique des bancs du toit qui a pour conséquence une distribution périodique des convergences finales le long de la voie. Il en résulte une dispersion importante (les convergences finales varient à peu près du simple au double).

Au passage de la deuxième taille nous avons retrouvé tous ces phénomènes avec toutefois quelques différences (1) :

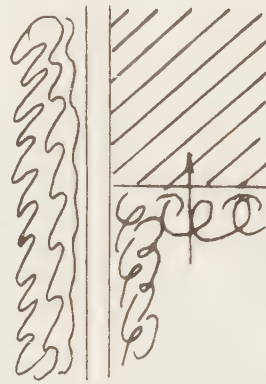
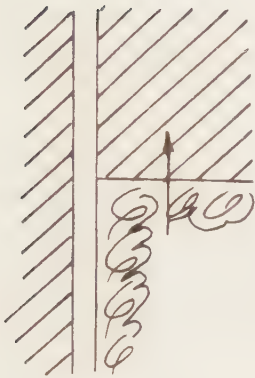
- la courbe de convergence d'un deuxième passage est beaucoup plus symétrique que celle d'un premier. Elle a une forme assez proche de celle des courbes d'affaissement de surface,

- le " basculement " du toit a lieu quelques mètres avant le passage de la taille pour le deuxième passage et de voisinage immédiat du passage pour le premier,

(1) En ce qui concerne les exploitations sus-jacents, les chantiers qui se trouvaient sous vierge étaient aussi ceux dont le pendage était le plus fort; il ne nous a pas été possible de savoir lequel de ces deux facteurs était responsable de l'importance de la convergence.

- en outre, bien que nous ayons peu de mesures, on peut affirmer, car cela est visible à l'œil, que la deuxième taille donne lieu à un fluage du charbon beaucoup plus important que le premier.

Ces différences s'interprètent facilement en utilisant les schémas ci-dessous qui montrent la différence des surfaces d'appui offertes, dans les deux cas, par la veine de charbon aux bancs du toit.



Première taille

Deuxième taille

Pour la deuxième taille, la surface d'appui étant plus petite, le charbon est plus fissuré. On comprend que la convergence et le fluage soient plus importants en avant passage et que le basculement du toit commence plus tôt.

REMARQUE

Nous n'avons pas observé de nouvelles flexions du toit au passage de la deuxième taille mais une amplification de celles qui avaient pris naissance au passage de la première (il y a hérédité entre les convergences des deux passages).

4° Etude des convergences finales

La convergence finale a une importance particulière car c'est elle qui détermine la hauteur initiale à donner à la voie pour qu'elle permette la circulation jusqu'à la fin de l'exploitation.

a) Exploitations chassantes

Pour les exploitations chassantes, la voie est conservée après le passage de la deuxième taille : la convergence finale qui intéresse le mineur est celle qui affecte les épontes après l'exploitation complète des deux tailles.

Dans le but de permettre une prévision des convergences finales, nous avons comparé, pour chaque chantier, la convergence finale moyenne et la valeur de qW (loi du qW). Cinq chantiers, trois foudroyés et deux remblayés, tous situés dans le Bassin du Nord, nous ont permis de suivre l'évolution de la convergence du début jusqu'à la fin de l'exploitation (1). Pour les doublets situés sur les côtés de la voie, la loi du qW a toujours été bien vérifiée (C_f moyenne comprise entre 0,9 et 1,3 qW), pour les doublets situés en milieu de voie la dispersion des convergences finales était plus importante (de 1 à 1,6 qW); cela s'explique facilement : la flexion des bancs due au vide de la voie se fait sentir beaucoup plus en milieu de voie que sur les côtés. Les deux chantiers qui ont donné l'écart le plus important avec la loi du qW sont les deux chantiers remblayés : lorsque les tailles sont foudroyées, on comprend que la présence des épis de remblai limite la flexion des bancs dans la voie.

(1) Foudroyés :

- St-Lazare KVC 61 à Hénin-Liétard
- Joséphine KVC 124 à Hénin-Liétard
- 17 Couchant à Oignies

Remblayés :

- Mathilde V_{fl} à Hénin-Liétard
- Marthe VC 9 à Lens

Notons enfin que les mesures d'affaissement du toit faites dans la voie pour laquelle l'écart avec la loi du qW est le plus grand (Marthe VC 9), nous ont montré que, pour cette voie, le surcroît de convergence provenait surtout de la montée du mur.

b) Exploitations rabattantes

Pour les exploitations rabattantes, la voie est foudroyée après le passage de la deuxième taille : la convergence finale qui intéresse le mineur est celle qui affecte les épontes au moment où la voie est foudroyée.

Lorsque les fronts sont alignés, l'étude des convergences finales s'identifie avec celle de l'amplitude des convergences d'avant-passage que nous avons présentée au chapitre 2. D'une part nous y avons mis en évidence une liaison entre l'amplitude des convergences A et la quantité $\sqrt{\omega} q H W$, d'autre part nous avons montré que l'amplitude de la convergence est diminuée par la présence d'une ancienne exploitation au-dessus de la voie. Ajoutons que, pour les huit voies étudiées, la convergence au passage des tailles était, dans tous les cas, inférieure à $0,4 qW$; mais les courbes ayant une pente très forte au point d'inflexion, la convergence augmente très vite après passage. Dans ce type d'exploitation, on aura par conséquent grand intérêt à décaler la voie le plus rapidement possible après le passage des tailles.

Trois campagnes nous ont permis l'étude de deux passages successifs très décalés; les résultats obtenus sont très dispersés ($0,3 qW$ pour la première, $0,7 qW$ pour la seconde et $1 qW$ pour la troisième). Pour cette dernière, utilisant les mesures absolues, nous avons montré que l'affaissement du toit était, comme la convergence de la seconde, de l'ordre de $0,7 qW$.

II - PERSPECTIVES D'AVENIR

Pour faire cette étude, nous avons utilisé 18 campagnes représentant environ 100.000 mesures; c'est beaucoup mais c'est encore trop peu : la complexité des phénomènes miniers rend nécessaire l'étude de très nombreux cas pour pouvoir utiliser les résultats obtenus à des fins de prévision. Certaines de nos conclusions demandent à être confirmées et complétées par d'autres campagnes.

C'est ainsi qu'au chapitre 1, étudiant sur la campagne Saint-Alfred KVC 52 le rapprochement de deux tailles progressant dans le même sens, nous avons observé pour un décalage d'environ 15 m, des convergences très fortes; il serait intéressant de savoir s'il s'agit d'un phénomène exceptionnel ou non et dans quelles conditions il se produit. Au chapitre 2, les corrélations que nous avons utilisées pour " tester " le modèle de résistance des matériaux reposent seulement sur cinq points, il en faudrait davantage. Au chapitre 3 les corrélations relatives à l'avant-passage reposent sur 10 points ce qui leur donne un fondement plus solide; mais d'autres campagnes seraient nécessaires pour permettre de dissocier l'influence du pendage et celle des exploitations sus-jacentes; les corrélations relatives à l'après-passage reposent sur 6 points seulement.

Par ailleurs, bien que constituant un instrument de travail très pratique, les mesures de convergence sont insuffisantes pour décrire complètement les effets des passages de taille sur la voie; les mesures absolues que nous avons faites pour l'une des campagnes nous ont conduit à des résultats intéressants mais qui ne peuvent pas être généralisés tant qu'ils ne sont pas confirmés par d'autres campagnes (liaison entre les variations d'ouverture et la montée du mur le long de la voie, valeur moyenne de l'affaissement final du toit très voisin de qW , etc...).

Le passage de la deuxième taille se traduit par une fracturation des bancs du toit et par un important fluage du charbon dans la voie dont les mesures de convergence ne rendent pas compte. Ces phénomènes qui ont des conséquences importantes, le premier sur la sécurité du personnel et le second sur les déformations du soutènement, mériteraient d'être étudiés.

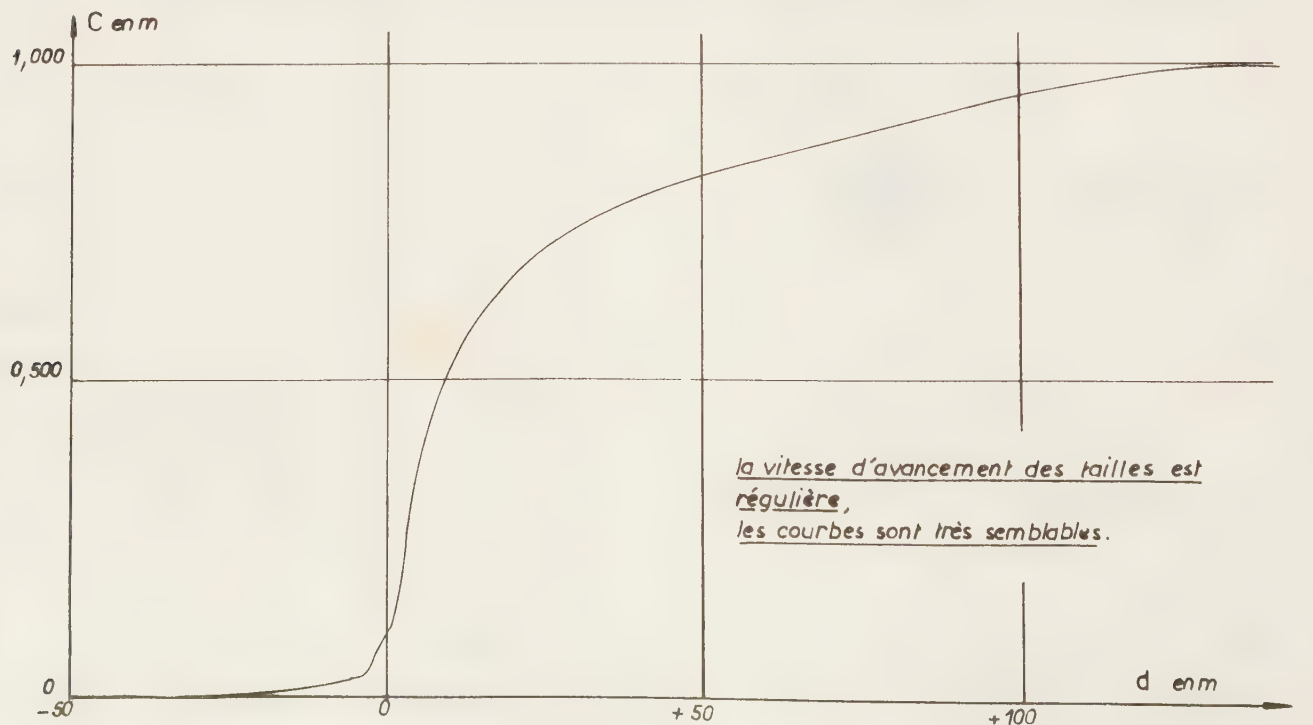
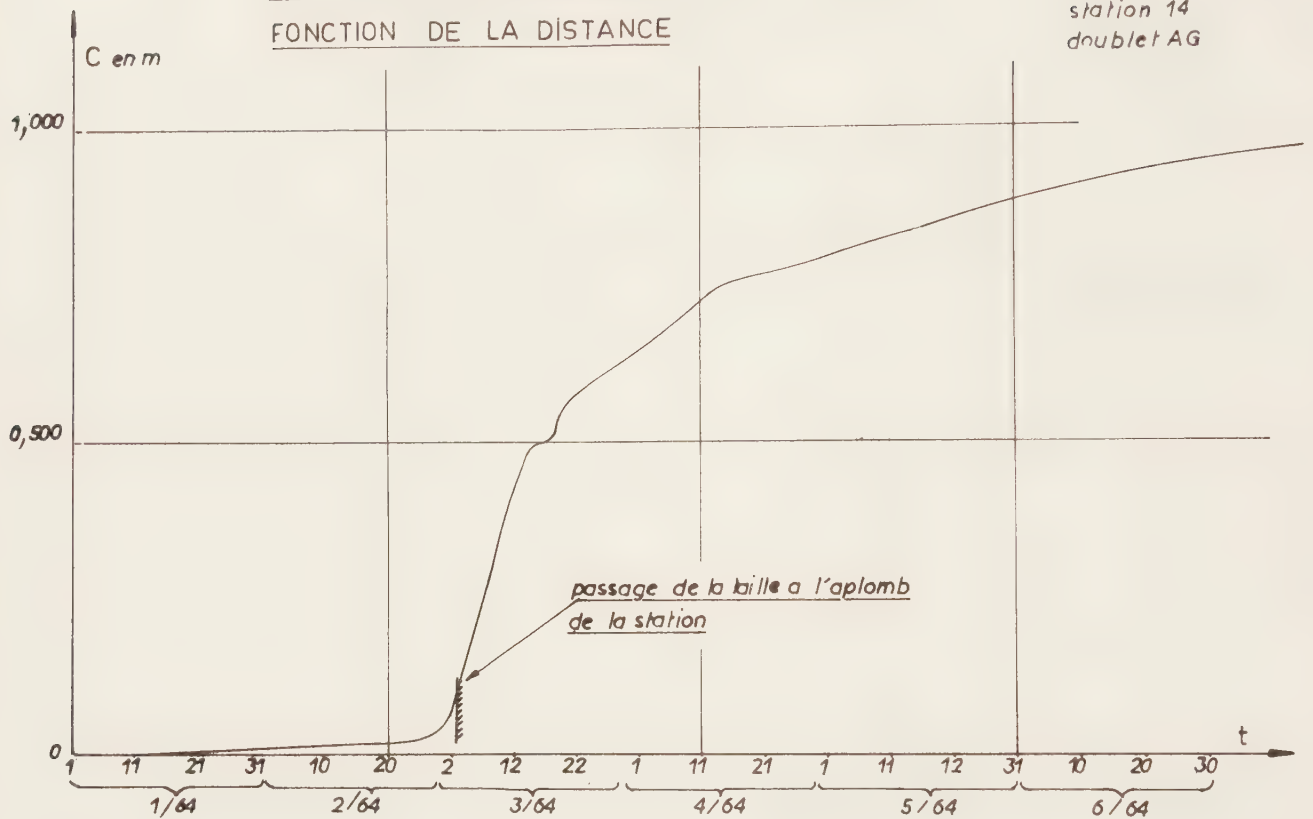
Rappelons enfin que nos études portent uniquement sur des chantiers situés en plateure alors qu'une part importante des exploitations françaises se trouve en semi-dressant; des études vont être prochainement entreprises par le Laboratoire dans ce domaine.



FIGURES

COURBES DE CONVERGENCE TRACÉES
EN FONCTION DU TEMPS ET EN
FONCTION DE LA DISTANCE

H.B.N.P.C.
 Hénin-Liétard
 6 sud
 Mathilde VF₁
 station 14
 doublet AG



la vitesse d'avancement des tailles est
régulière,
les courbes sont très semblables.

Figure 1

H. B. N. P. C.

Lens

Siège 2

Marthe VC9

station 45

doublet BH

COURBES DE CONVERGENCE TRACÉES

EN FONCTION DU TEMPS ET EN

FONCTION DE LA DISTANCE

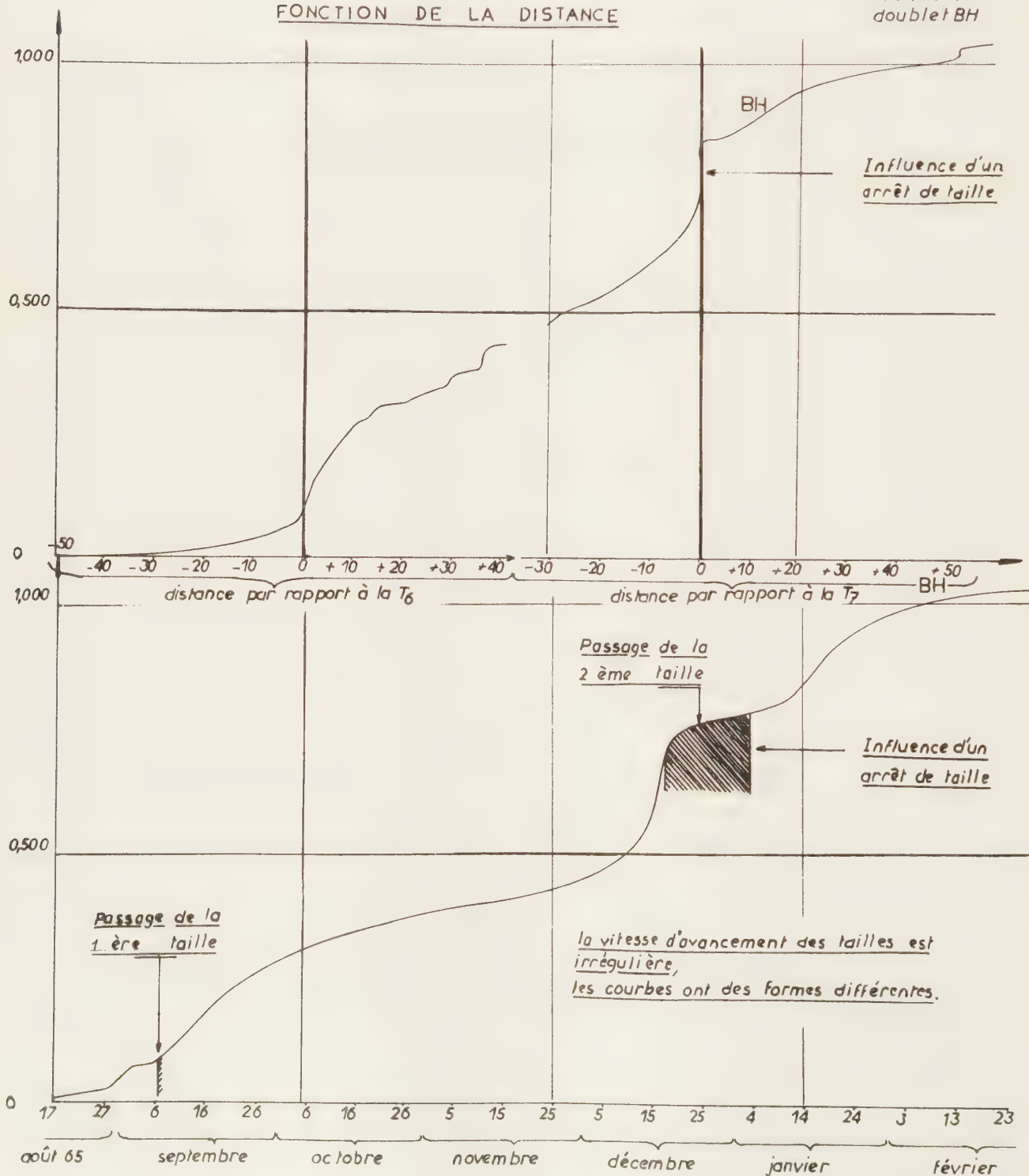


Figure 2

H.B.N.P.C.
Hénin-Liétard
Siège 21 Nord
Josephine
KVC 124

COURBE MOYENNE DES DOUBLETS AG

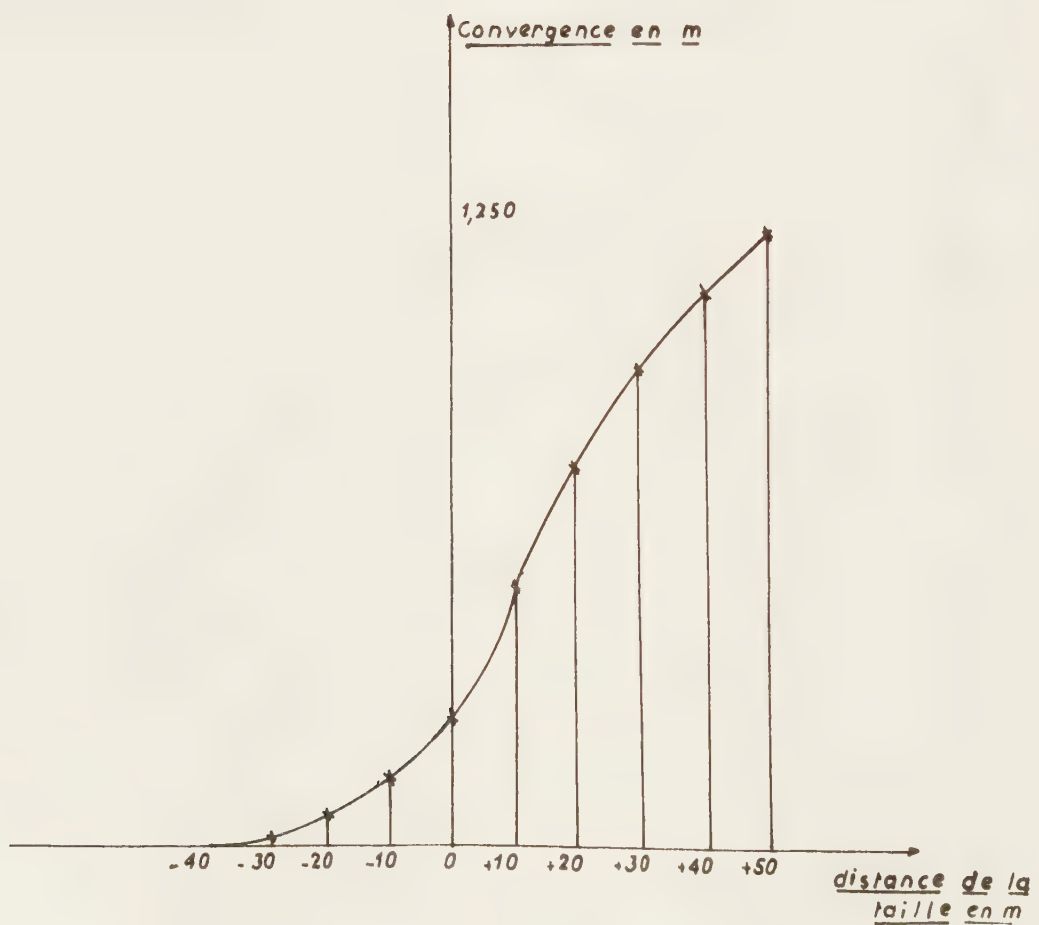
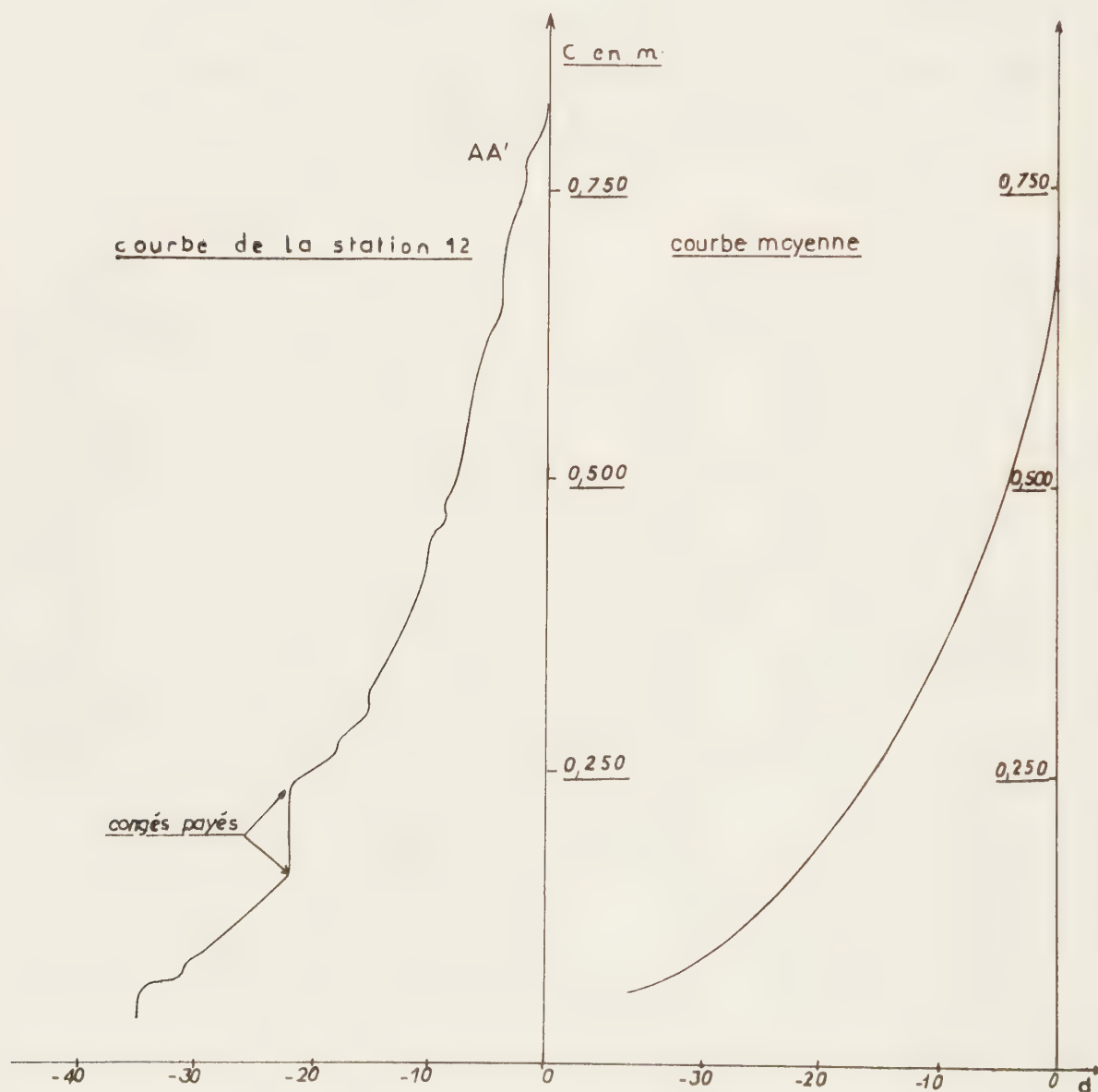


Figure 3

INFLUENCE D'UN ARRÊT SUR LA COURBE DE CONVERGENCE D'UN DOUBLET

H B L
FOSCHVILLER
veine 15
Etage 690



Malgré l'arrêt des congés payés, la courbe moyenne ne présente pas de
discontinuité : son influence est répartie sur l'ensemble de la courbe.

Figure 4

COURBE MOYENNE DE CONVERGENCE CÔTÉ TAILLE
POUR UNE OUVERTURE MOYENNE EXPLOITÉE DE 1 MÈTRE
DANS UNE VOIE INFLUENCÉE PAR LE PASSAGE D'UNE PRE-
MIÈRE TAILLE FOUDROYÉE

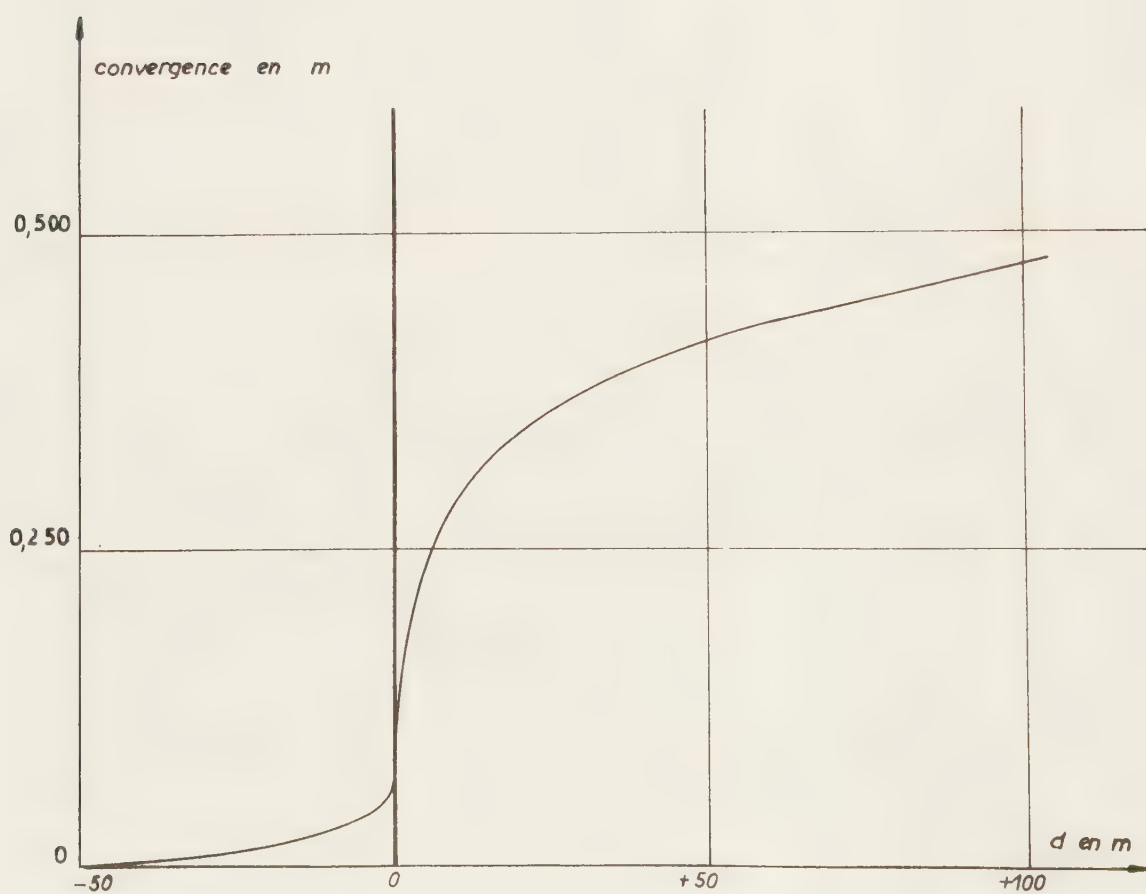


Figure 5

H. B. L.
La Houve
veine E
quartier 24
étage 395
station 68

COMPARAISON DES CONVERGENCES
DES DEUX CÔTÉS DE LA VOIE POUR UN PREMIER
PASSAGE DE TAILLE
- MÉTHODE DES ALIGNEMENTS -

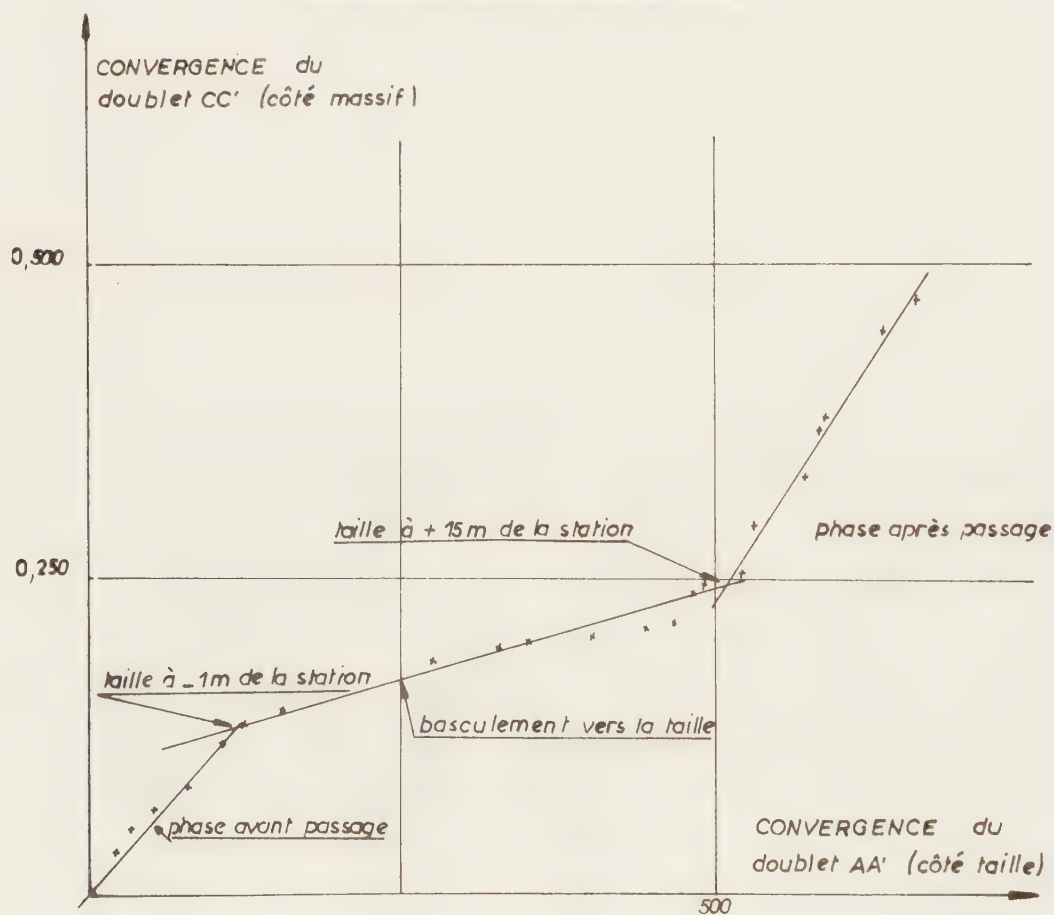


Figure 6

H. B. L.
La Houve
E M. NO 600

DEFORMATION DU PROFIL LONGITUDINAL
DE LA VOIE SOUS L'INFLUENCE D'UN
PREMIER PASSAGE DE TAILLE

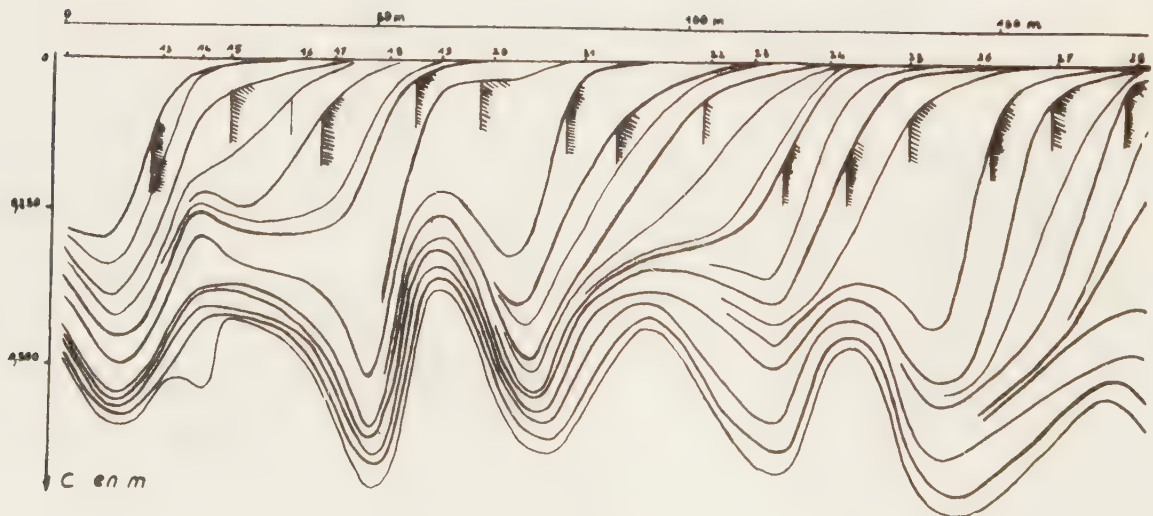


Figure 7

SCHEMATISATION DE L'EVOLUTION DU
PROFIL DES CONVERGENCES SOUS L'IN-
FLUENCE D'UN PREMIER PASSAGE DE
TAILLE

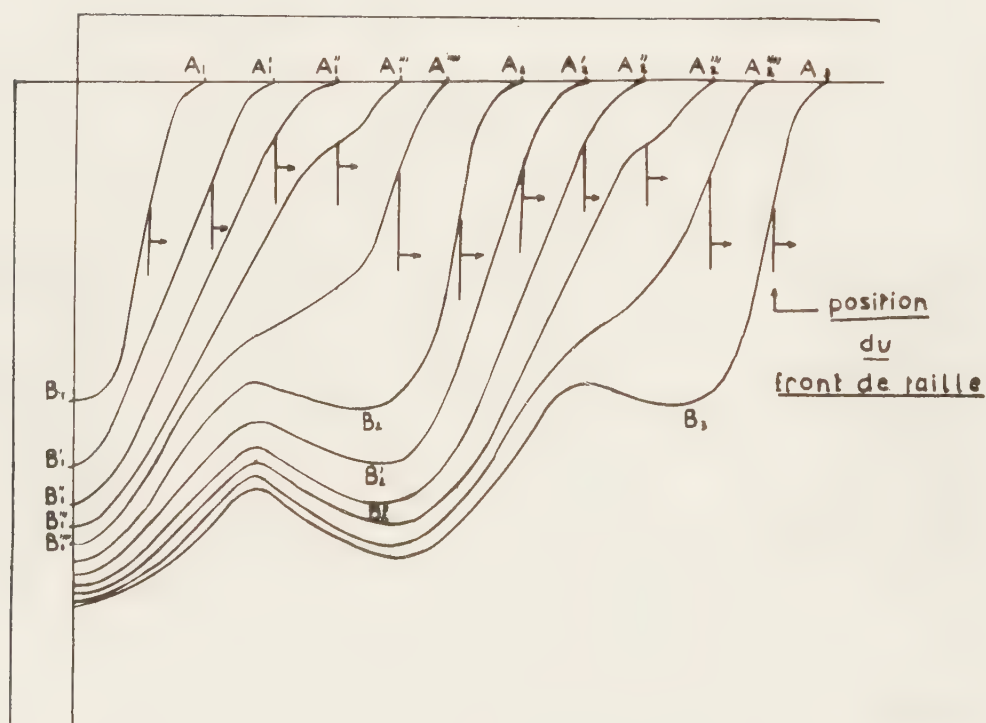


Figure 8

PLAN D'UNE STATION DE MESURE DE CONVERGENCE

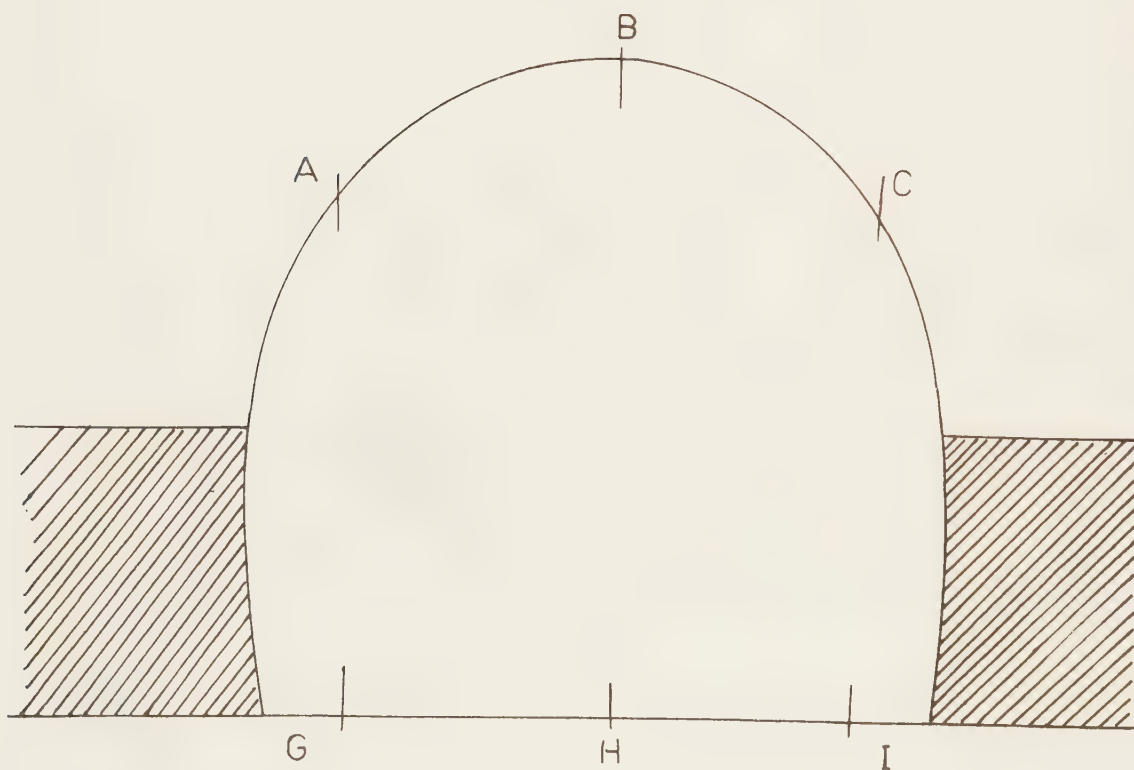


Figure 9

BROCHES "SPECIALES" POUR MESURES DE DECOLLEMENT

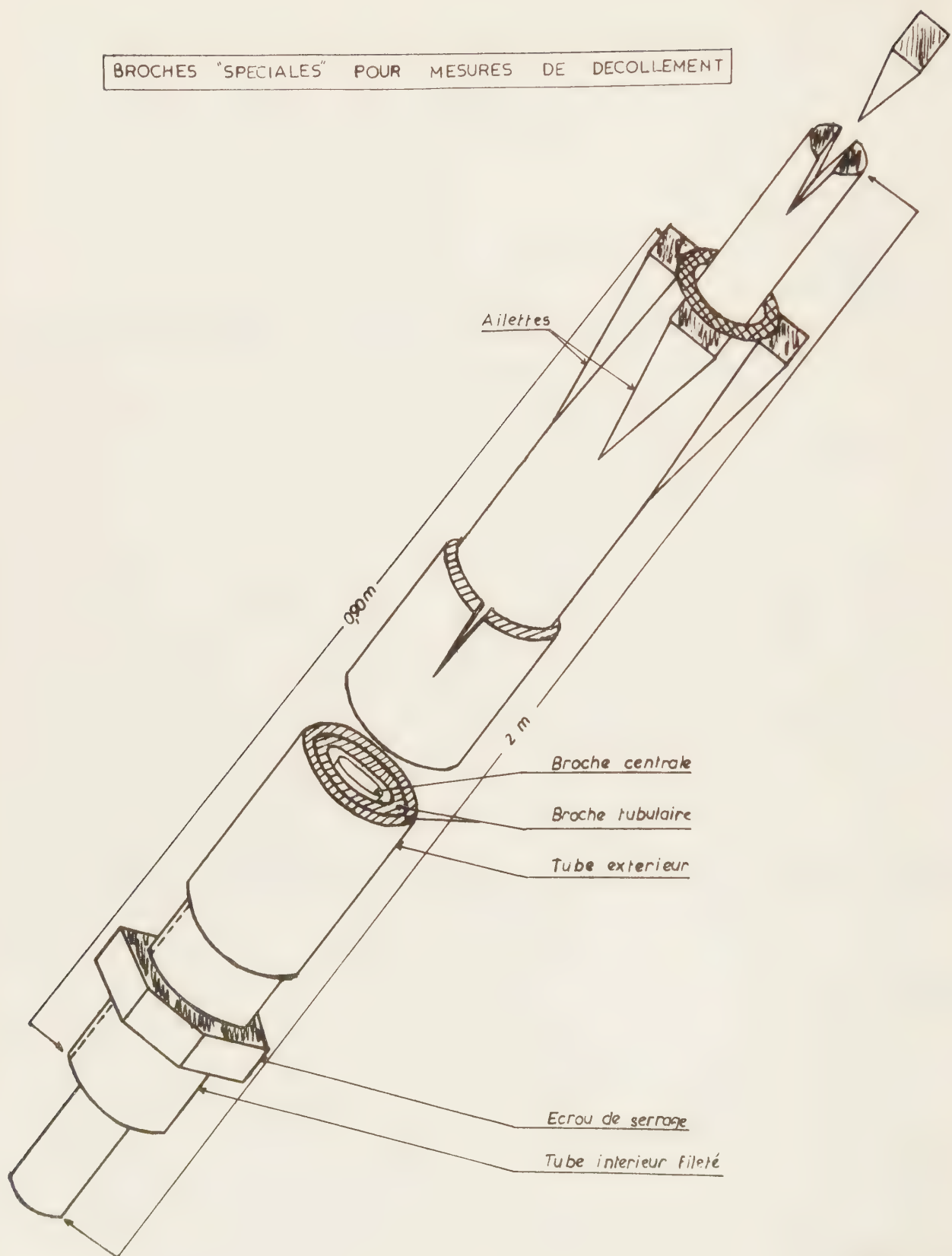


Figure 10

H.B.N.P.C
Lens
Siège 2
Marine VC 9

PROFIL DES OUVERTURES LE LONG DE LA ZONE DE MESURE

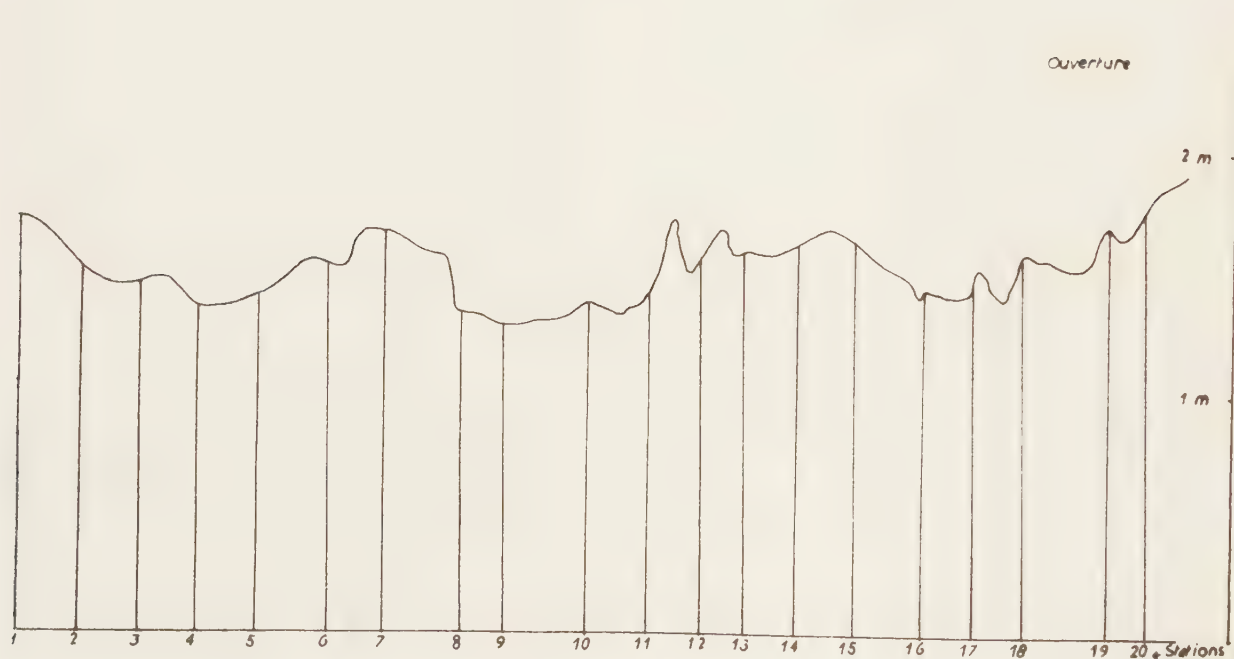


Figure 11

H. B. N. P. C.
Hénin-Liétard
4 sud
Saint-Lazare
KVC 61

DIAGRAMME DE MARCHE DES TAILLES

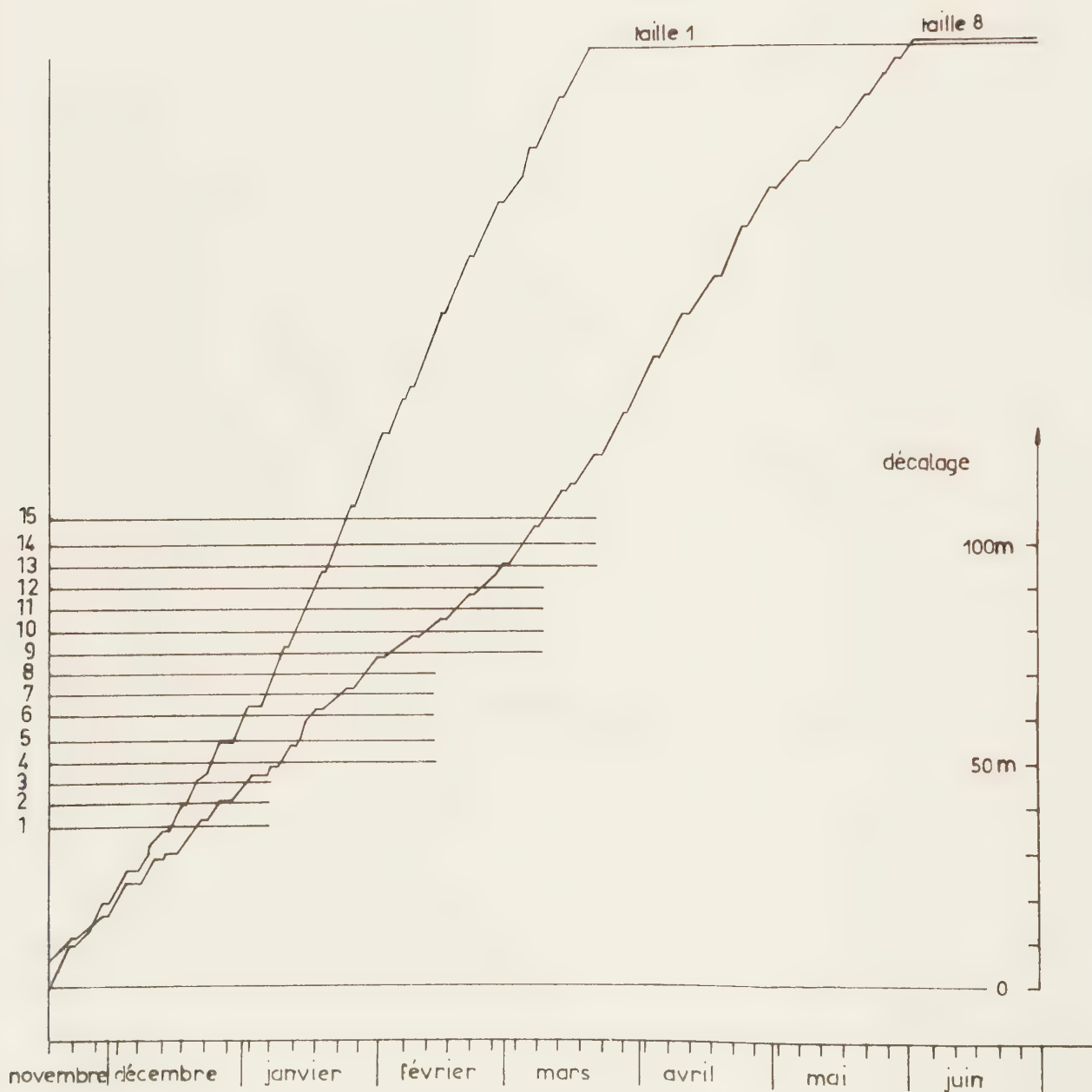


Figure 12

H. B. N. P. C.
Hénin - Liétard
4 SUD
Veine Saint-Alfred
KVC 52

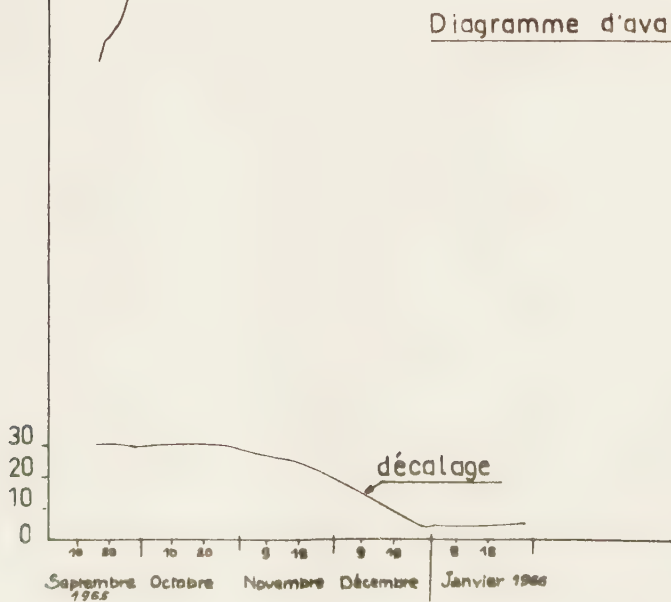
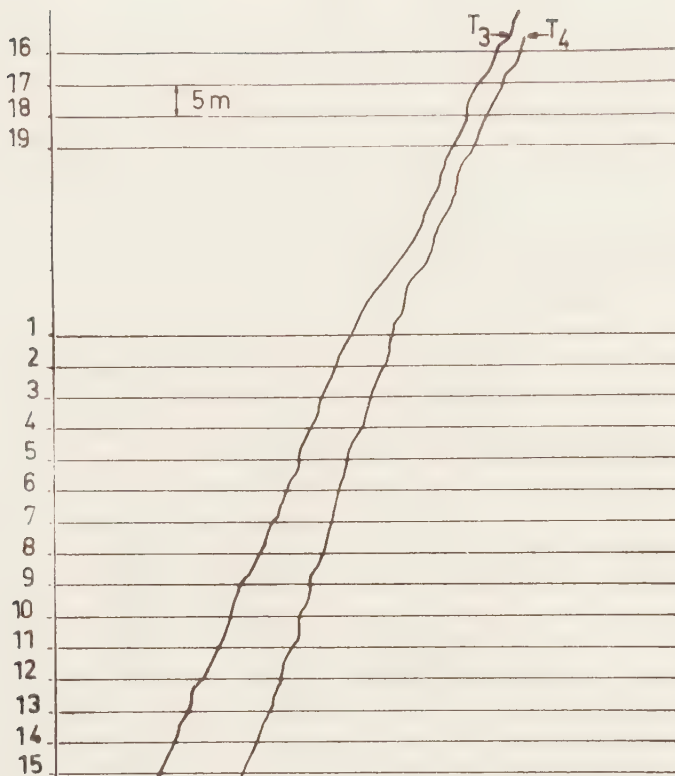


Figure 13

HBNPC
Hénin-Liétard
4 sud
Saint-Lazare
KVC 69

SCHEMA D'IMPLANTATION DE LA ZONE DE
MESURES

échelle 1/2000

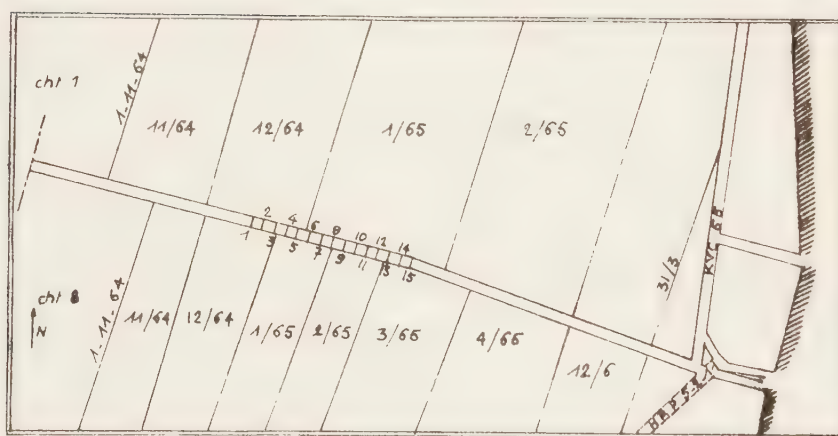


Figure 14

SCHÉMA D'IMPLANTATION DES MESURES

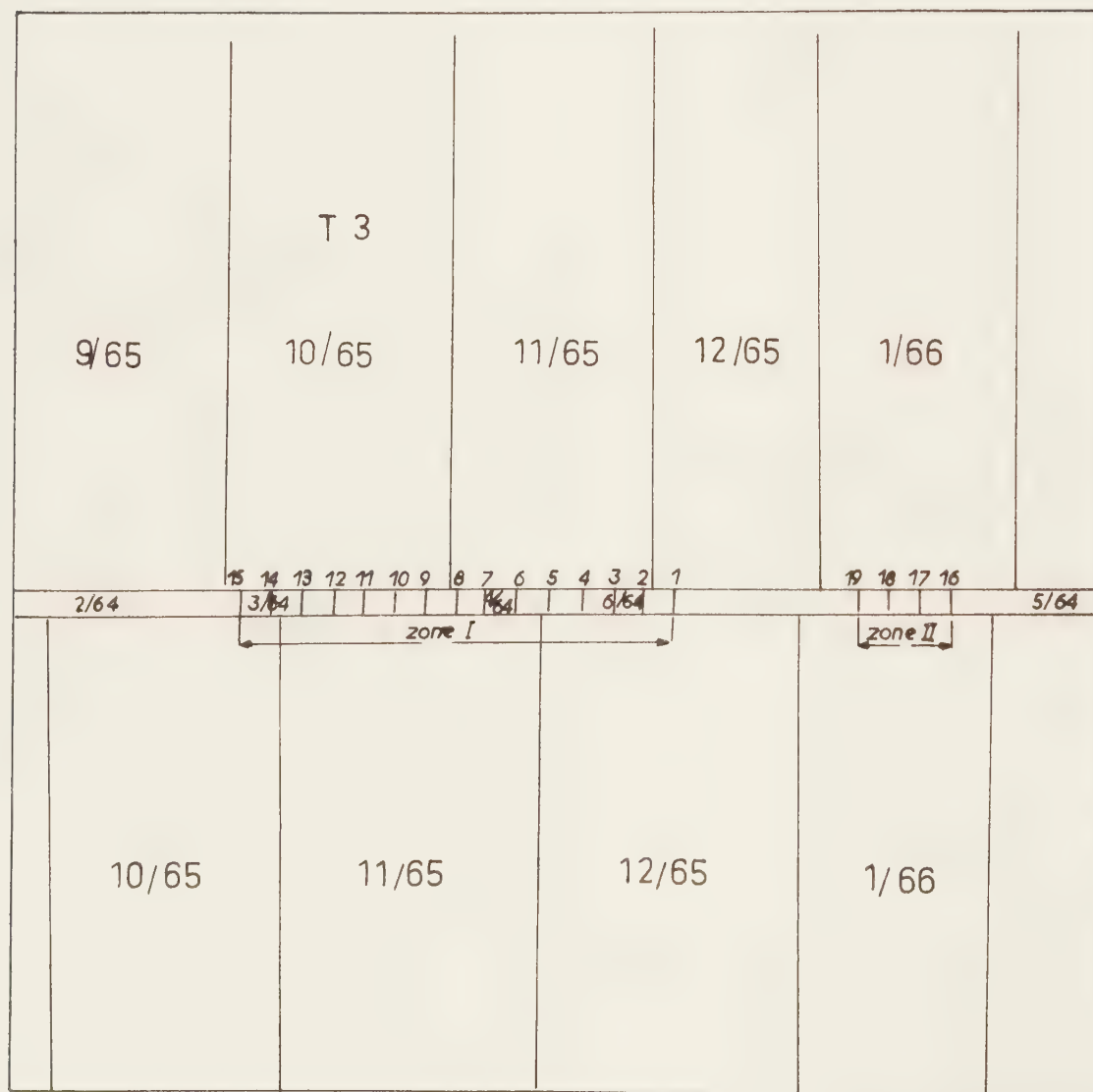


Figure 15

EVOLUTION DES PARAMETRES
DES CONVERGENCES FINALES

D'AVANT PASSAGE
- DOUBLET AG -

H.B.N.P.C.
Hénin-Liétard
Siege 4 sud
ST Lazaire
KVC 61

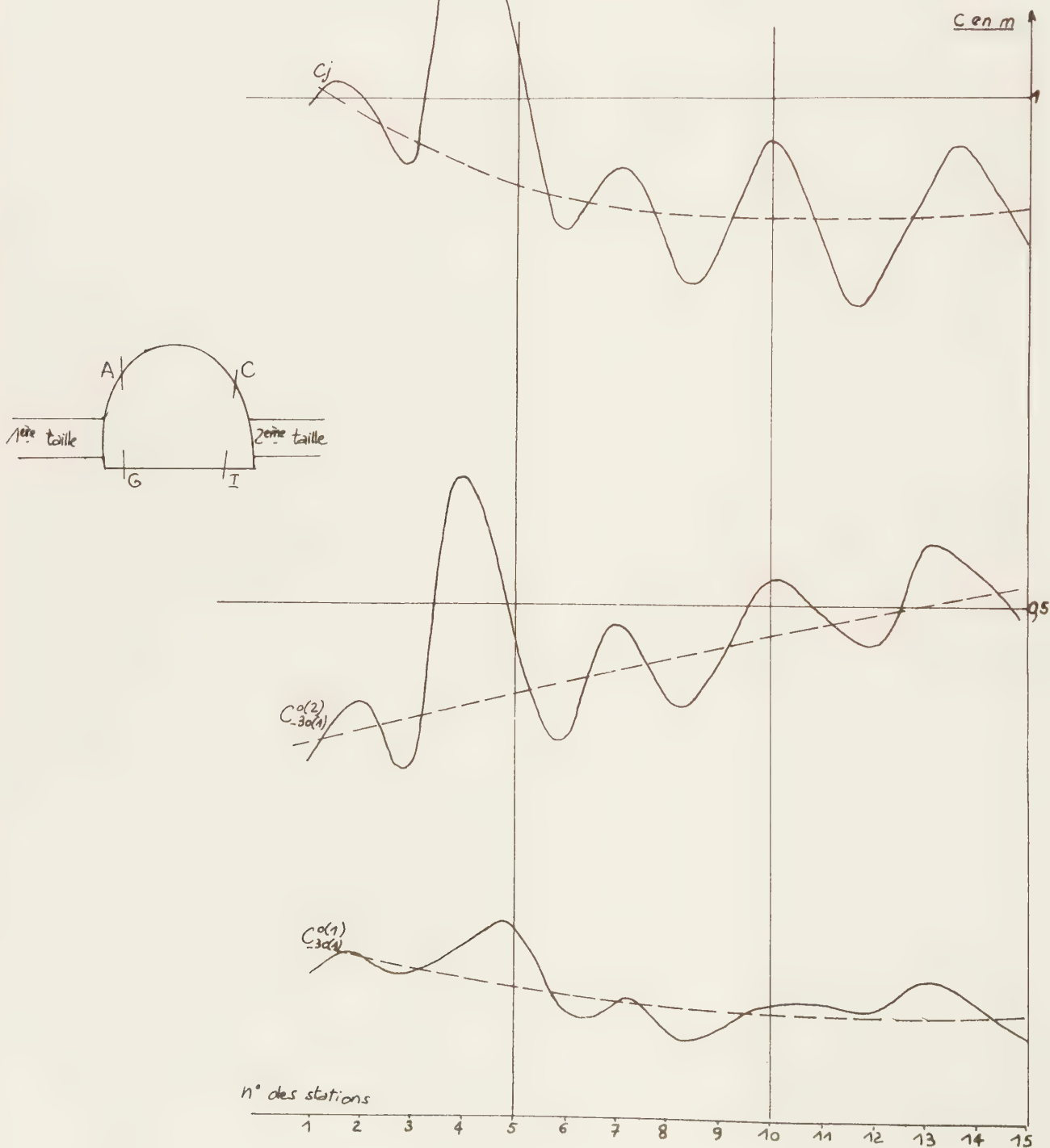


Figure 16

ÉVOLUTION DES PARAMETRES d'AVANT PASSAGE
ET DES CONVERGENCES FINALES. - DOUBLET CI -

H.B.N.P.C.
 Hénin-Liétard
 Siège 4 sud
 ST-Lazare
 KVC 61

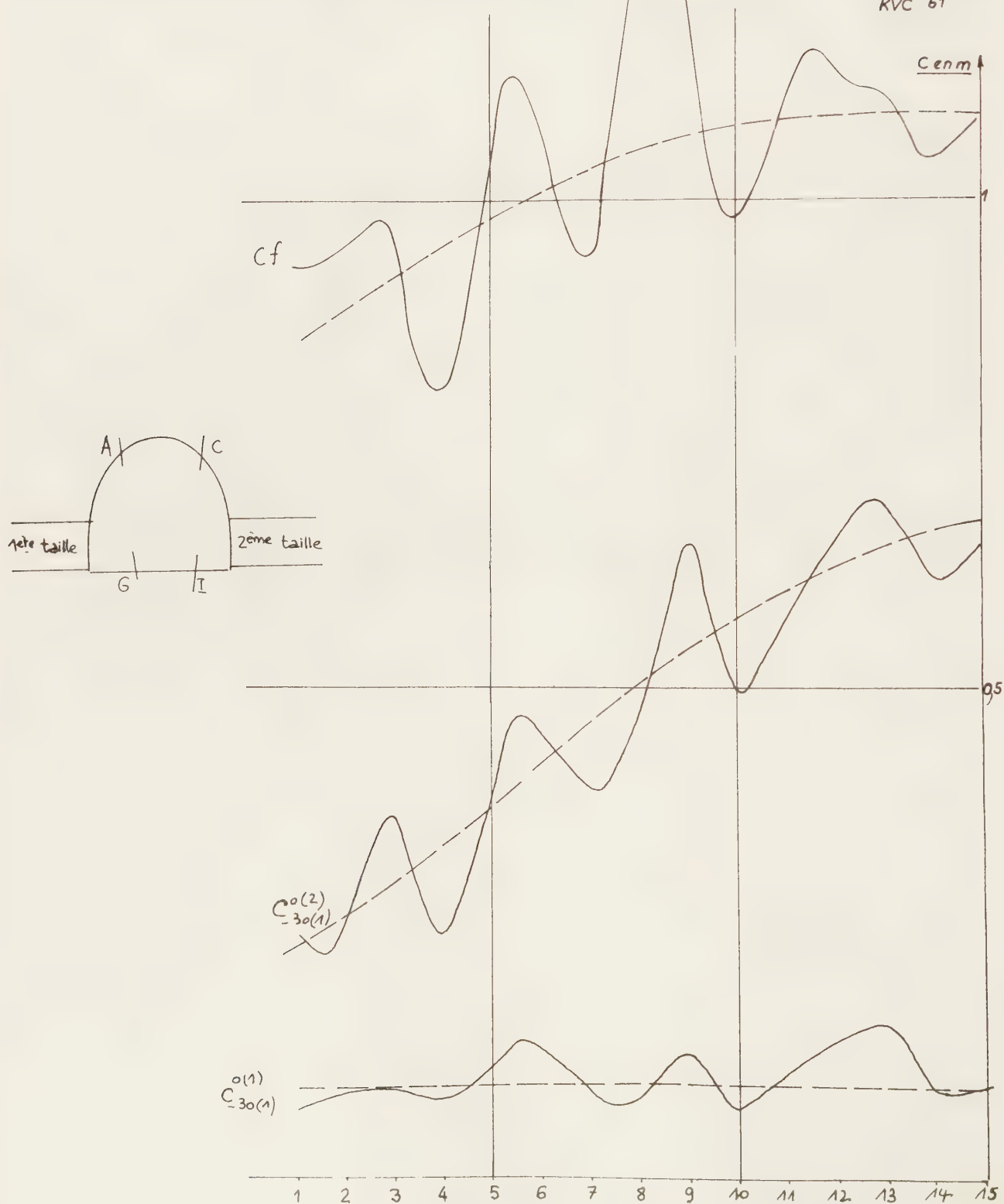


Figure 17

H.B.N.P.C.
Henin-Liétard
Siège 4 sud
ST Lazare
KVC 61
doublets AG

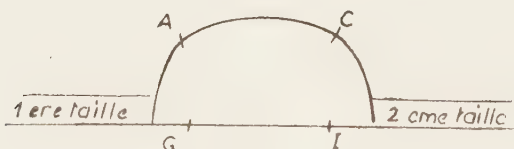
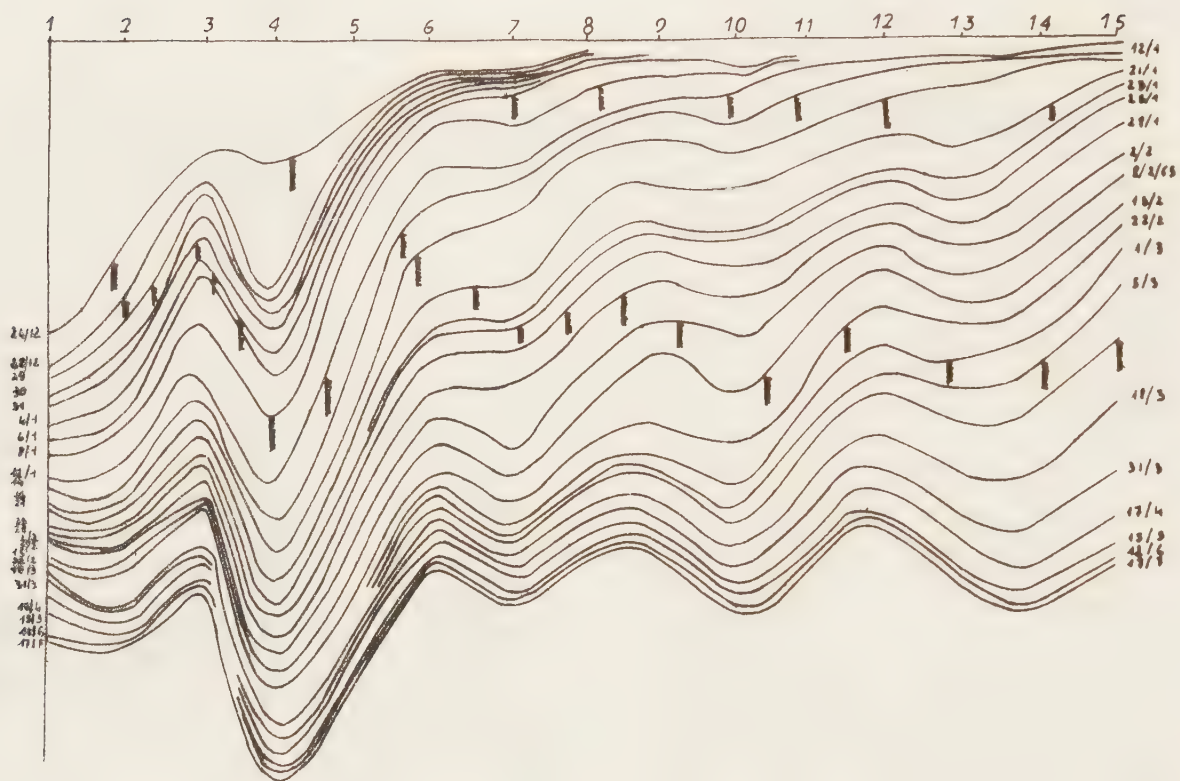


Figure 18

H.B.N.P.C.
Hénin-Liétard
Siege 4 sud
St-Lazare
KVC 01
Doublets CI

EVOLUTION DES PROFILS LONGITUDINAUX DE CONVERGENCE

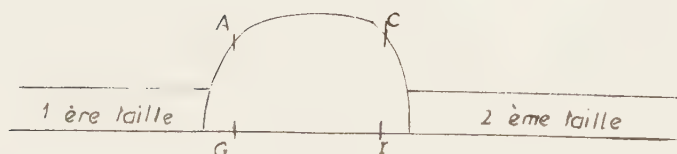
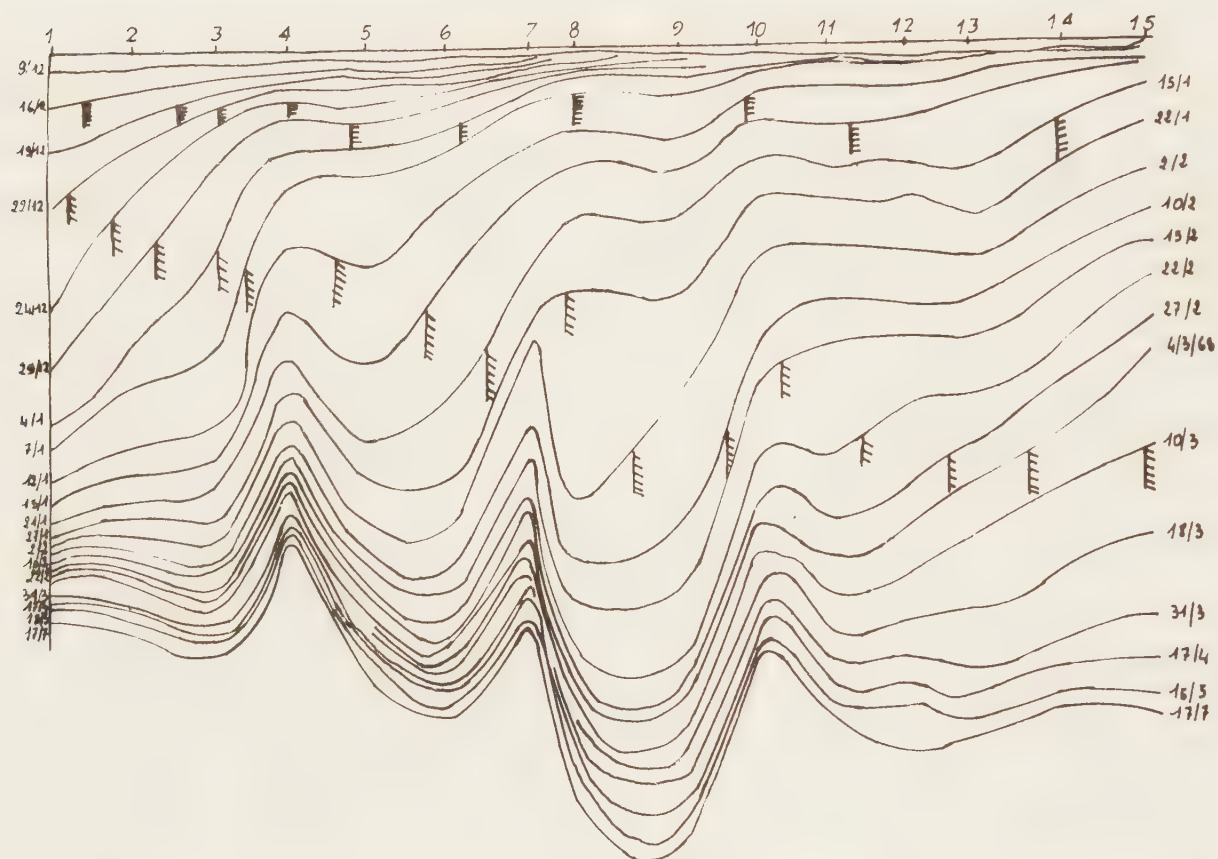


Figure 19

SUPERPOSITION DES PROFILS DE SAINT-LAZARE

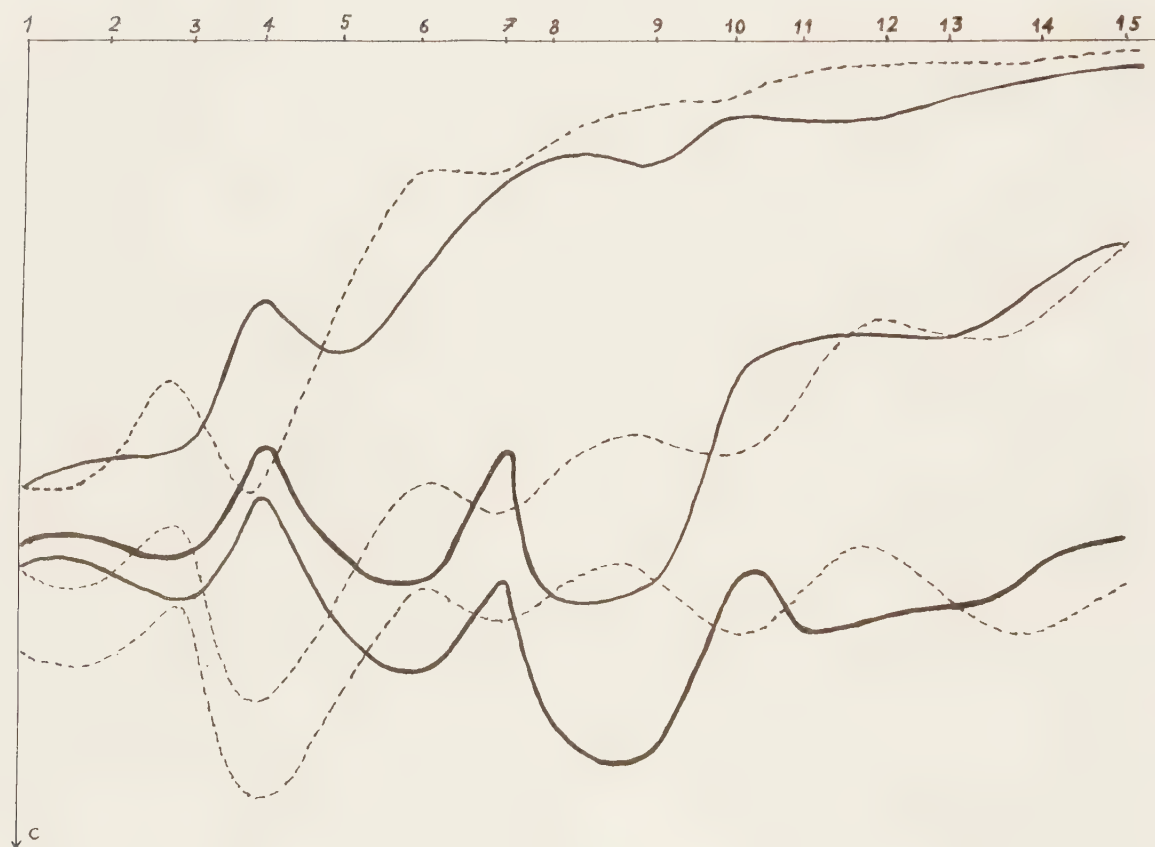


Figure 20

COURBES DES CONVERGENCES
DES DOUBLET AG

H.B.N.P.C.
Hénin Liétard
4 sud
Saint Lazare
KVC 61

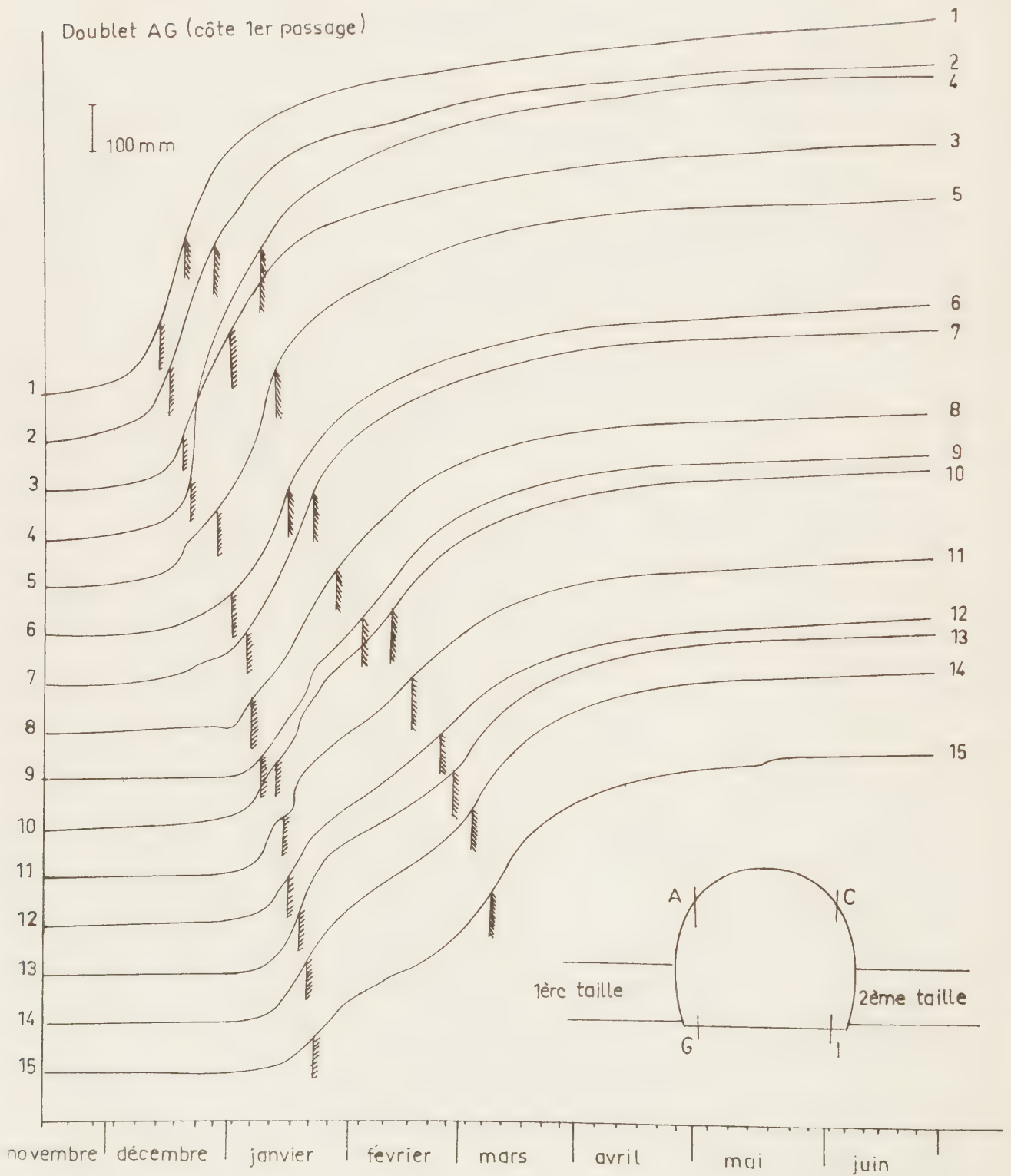


Figure 21

H. B.N.P.C.
Henin-Liétard
4 sud
saint Lazare
KVC 61

COURBES DES CONVERGENCES

DES DOUBLETS CI

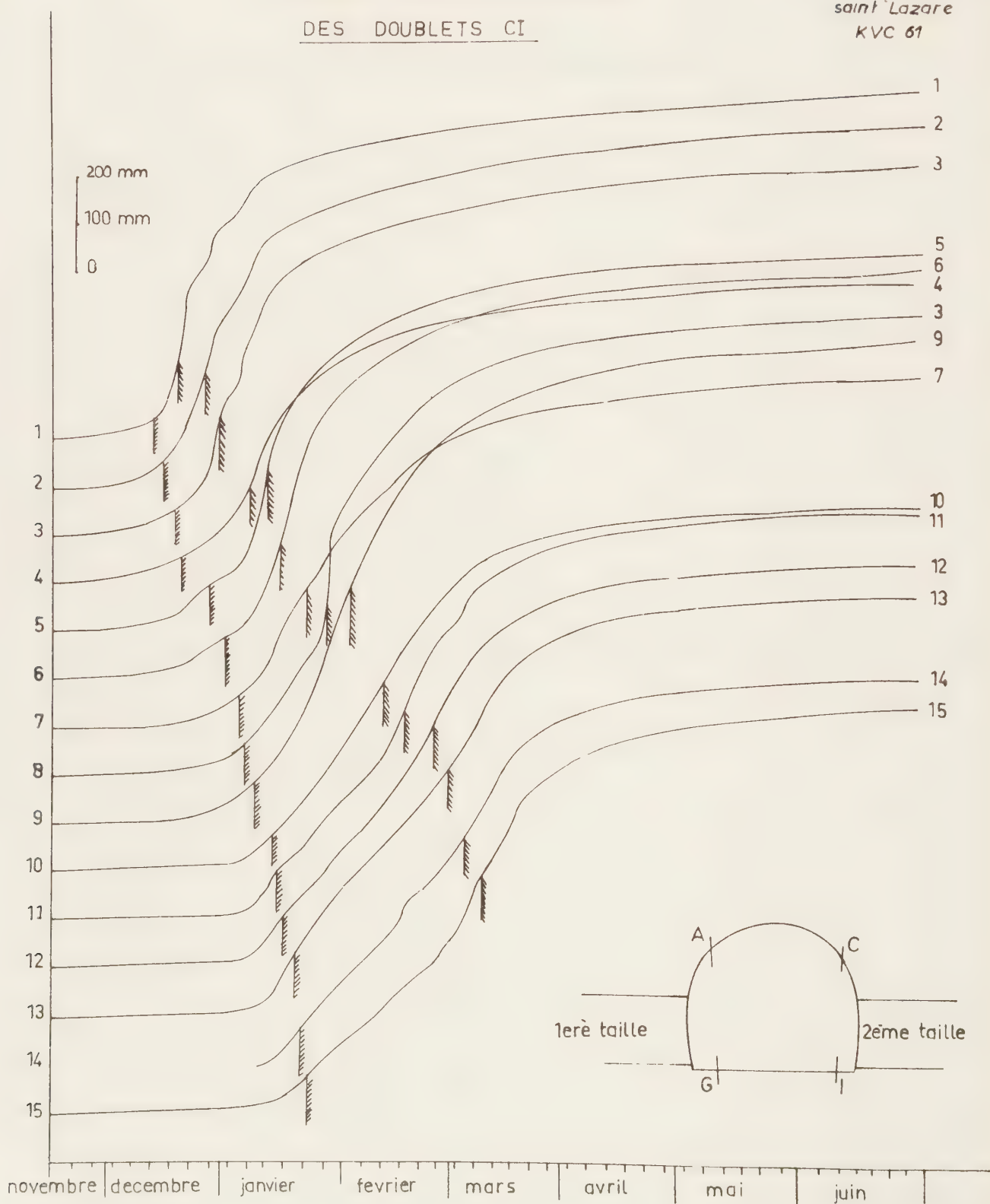


Figure 22

H. B. N. P. C.
Hénin-Liétard
veine St-Alfred
KVC 52
doublet C1

VITESSE DE CONVERGENCE AU POINT D'INFLEXION

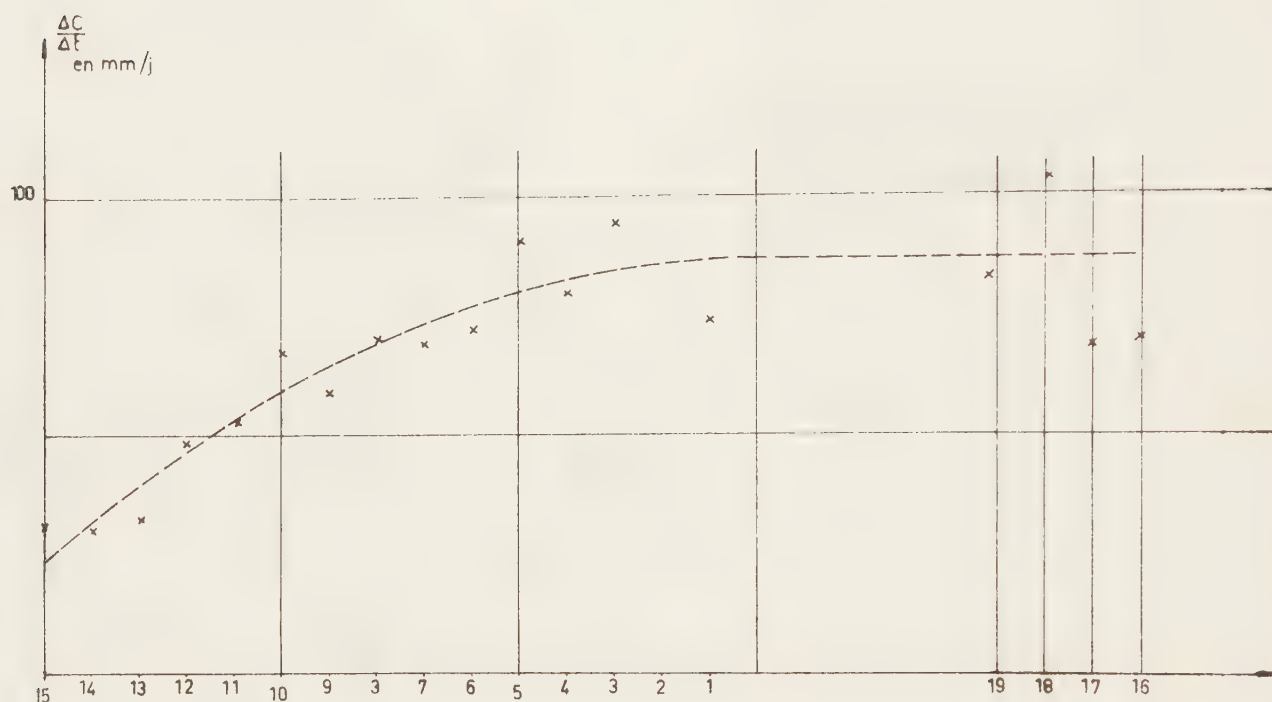


Figure 23

H. B. N. P. C.
Hénin Liétard
4 sud
Saint-Alfred
KVC 52

COURBE DE CONVERGENCE
DES DOUBLETSCI

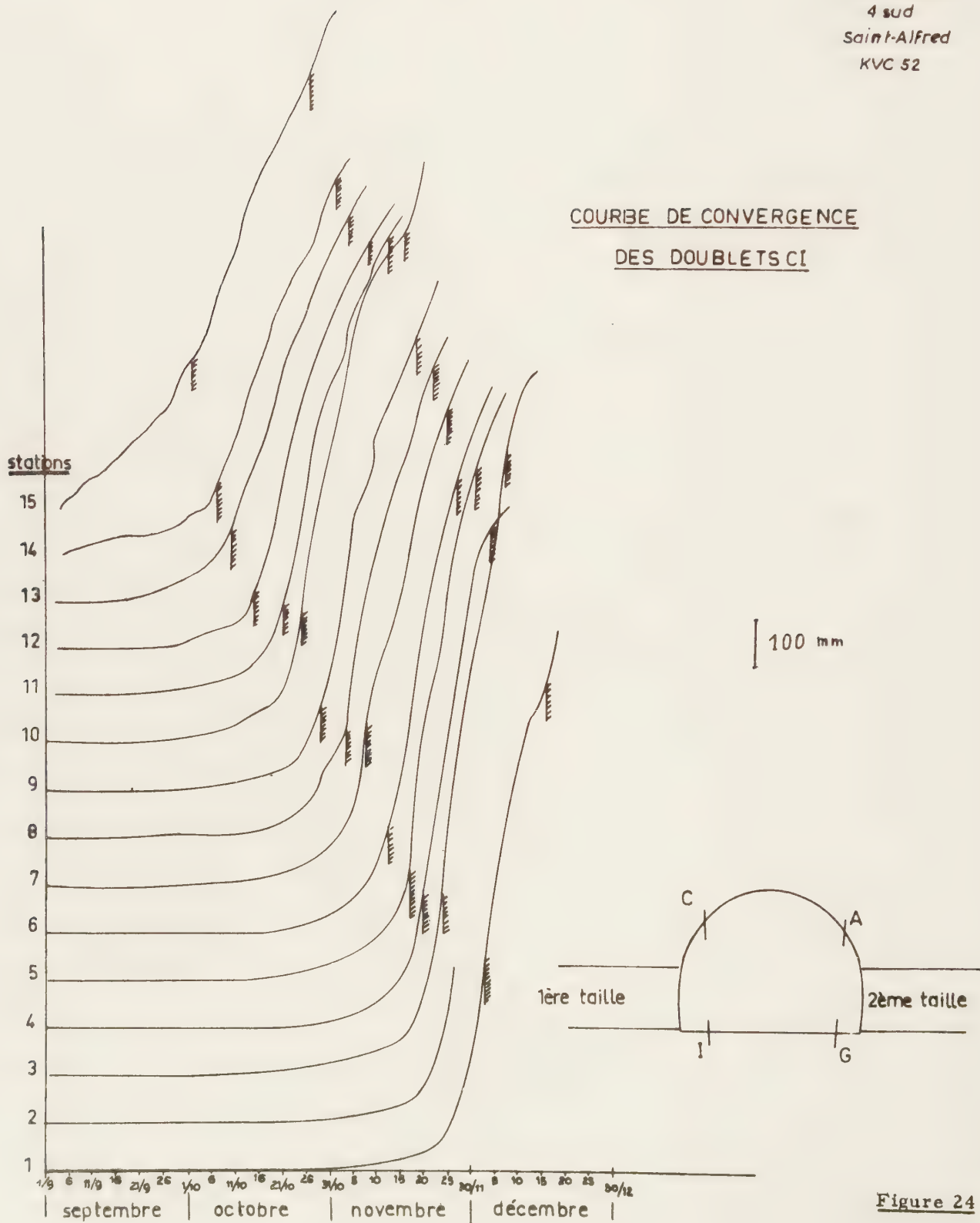


Figure 24

H.B.N.P.C.
Hérin-Liétard
4 sud
veine St-Alfred
KVC 52

COURBE DE CONVERGENCE

DES DOUBLETS AG

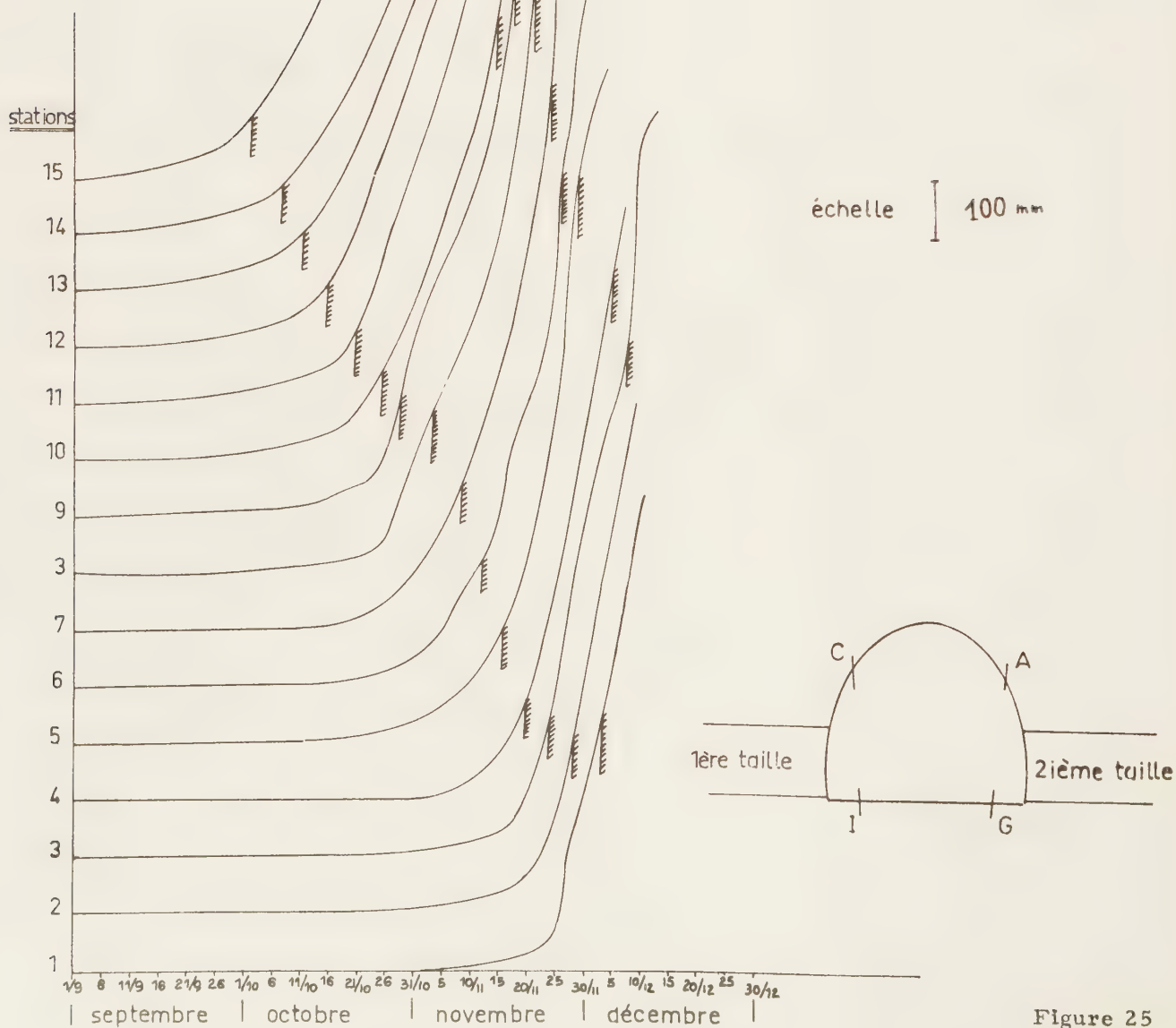


Figure 25

H. B. N. P. C.
Hénin-Liétard
veine St-Lazare
KVC 61
doublet AG

VITESSE DE CONVERGENCE AU POINT D'INFLEXION

(pente à l'inflexion)

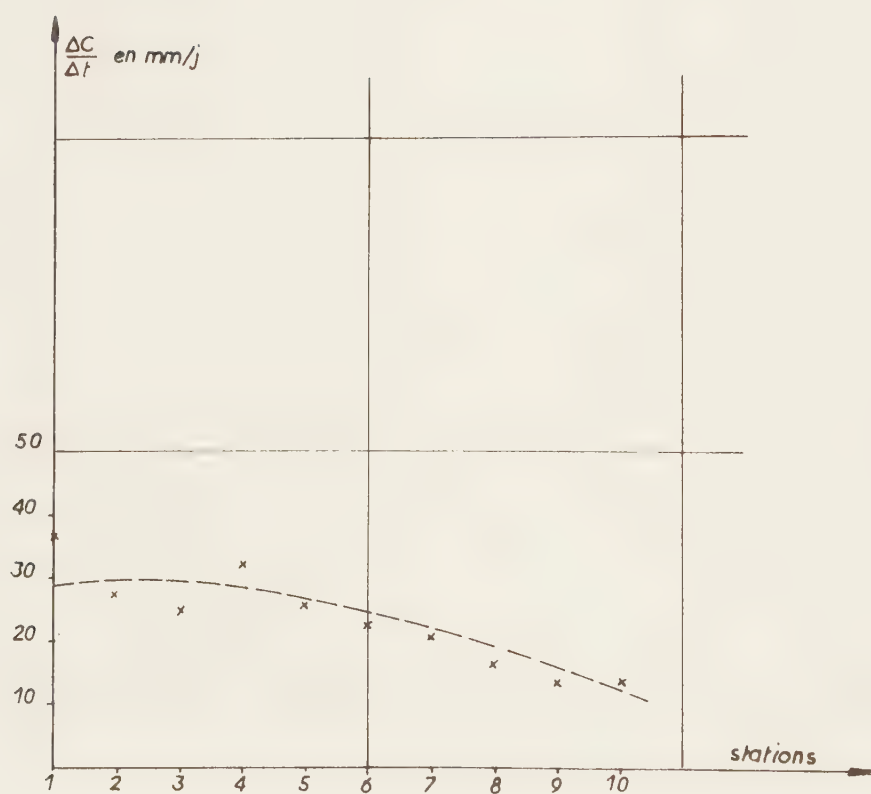


Figure 26

EVOLUTION DES PARAMETRES D'AVANT-PASSAGE - DOUBLET CI-

HANPC
Hénin Liétard
4 Sud
St Alfred - KVC 56

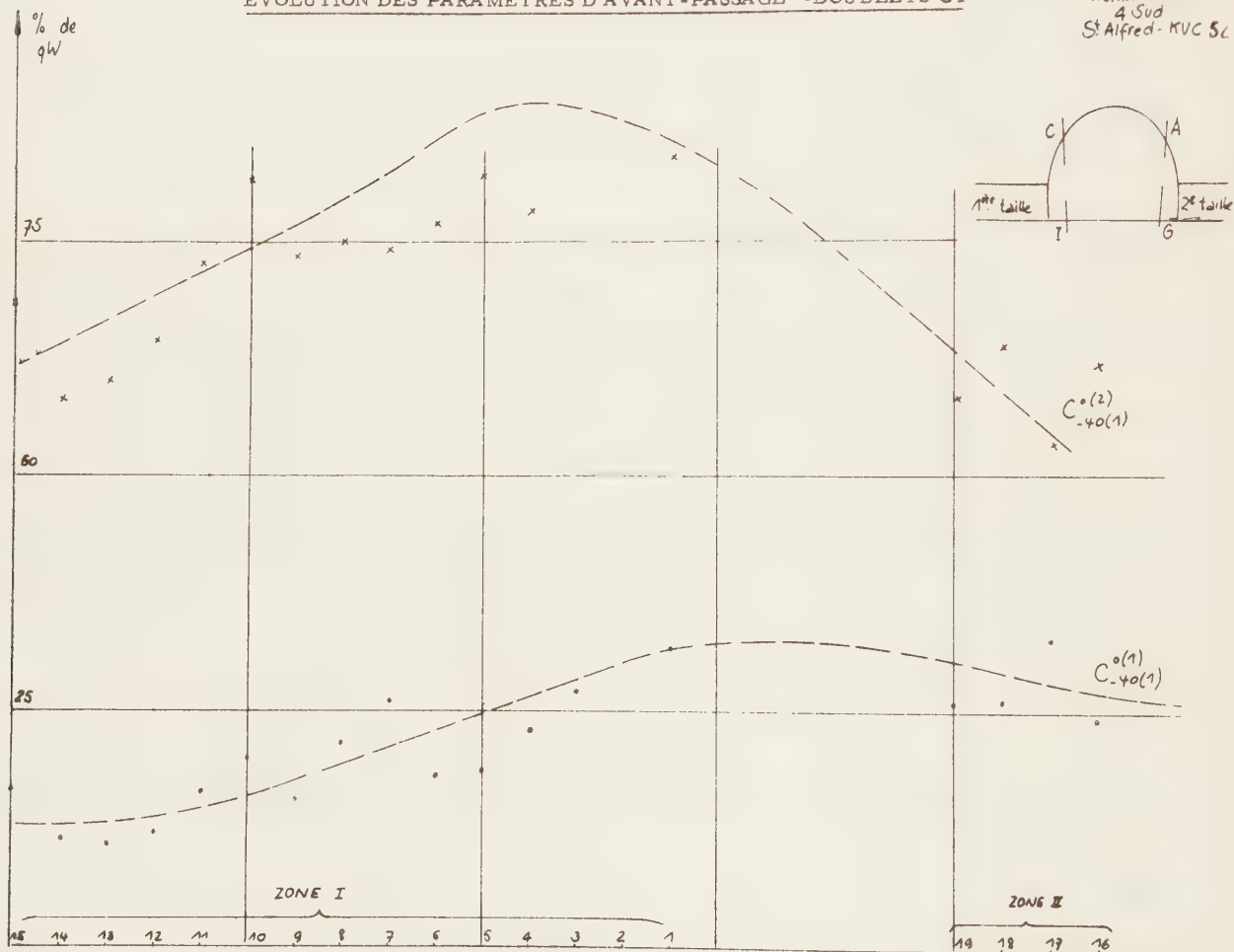


Figure 27

HANPC
 Génin Liéard
 4 Sud
 St Alfred
 KVC 52

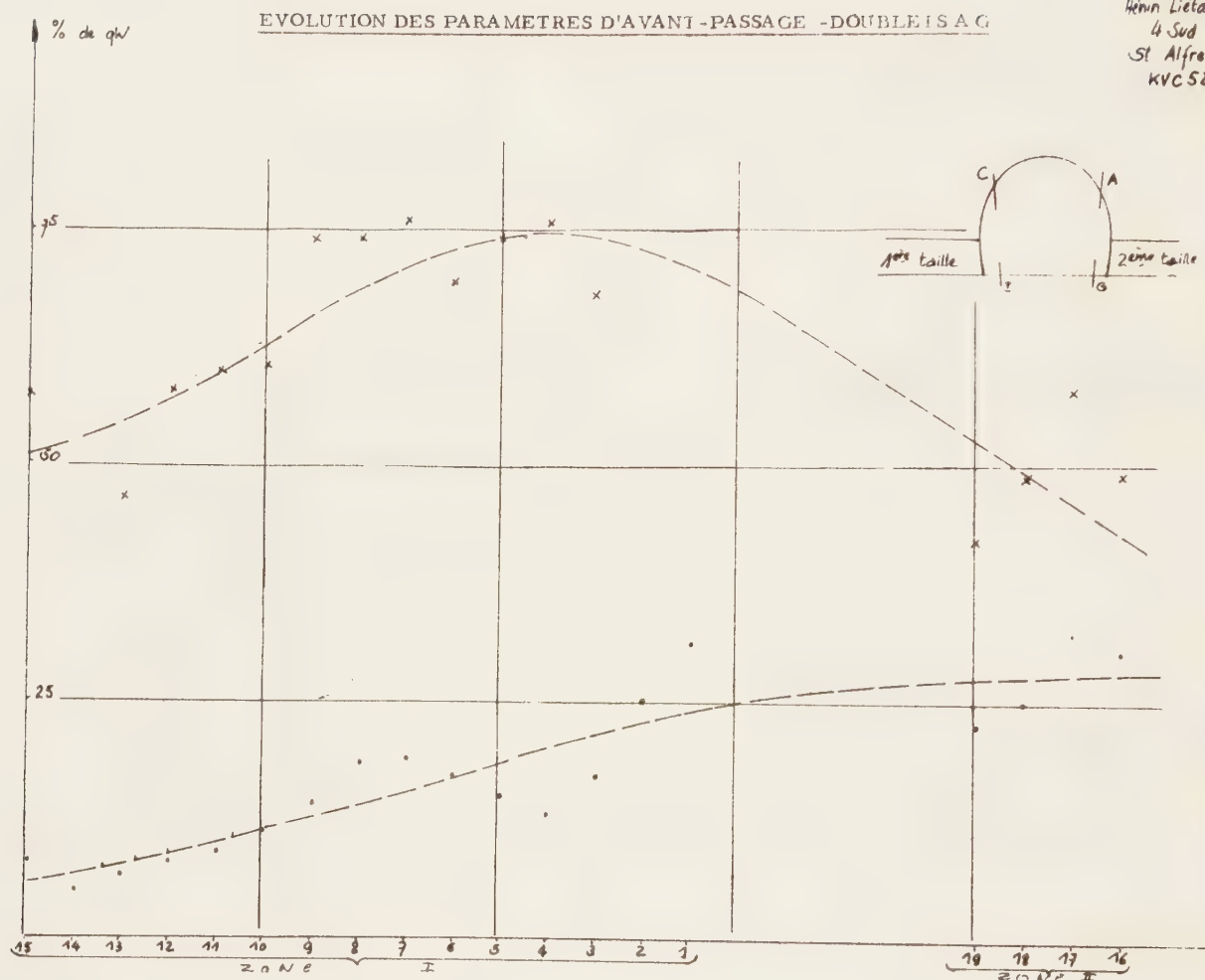


Figure 28

INFLUENCE DU DÉCALAGE SUR LES
PARAMÈTRES D'AVANT PASSAGE
douplet CI

H. B. N. P. C.
 Hénin-Liétard
 4 sud
 Saint-Alfred
 KVC 52

Δd_1 = décalage au passage de la 1ère taille

Δd_2 = décalage au passage de la 2ème taille

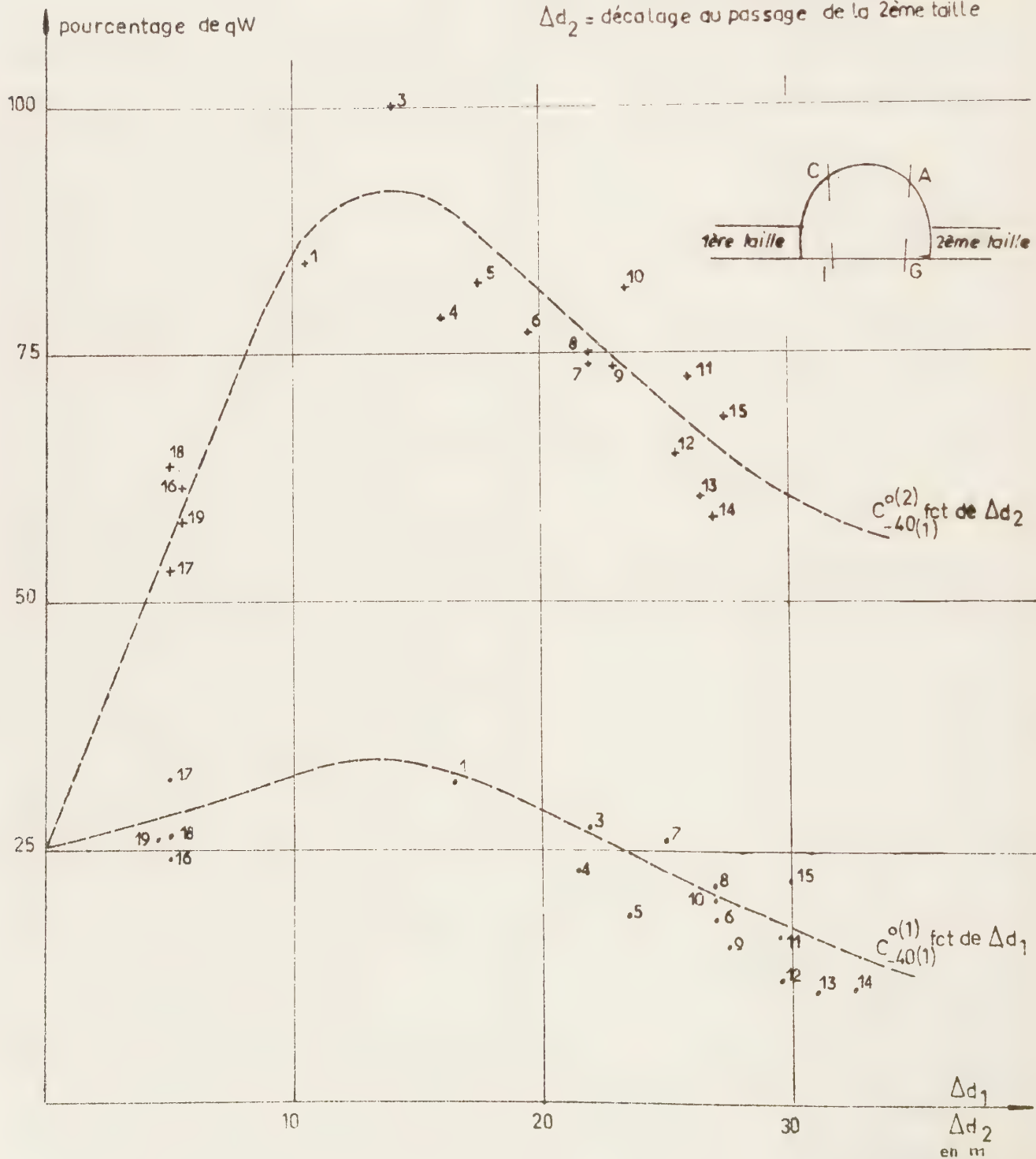


Figure 29

INFLUENCE DU DÉCALAGE SUR LES
PARAMÈTRES D'AVANT PASSAGE
douplet AG

H. B. N. P. C.
Hénin-Liétard
4 sud
Saint-Alfred
K. V. C. 52

Δd_1 = décalage au passage de la 1ère taille
 Δd_2 = décalage au passage de la 2ème taille

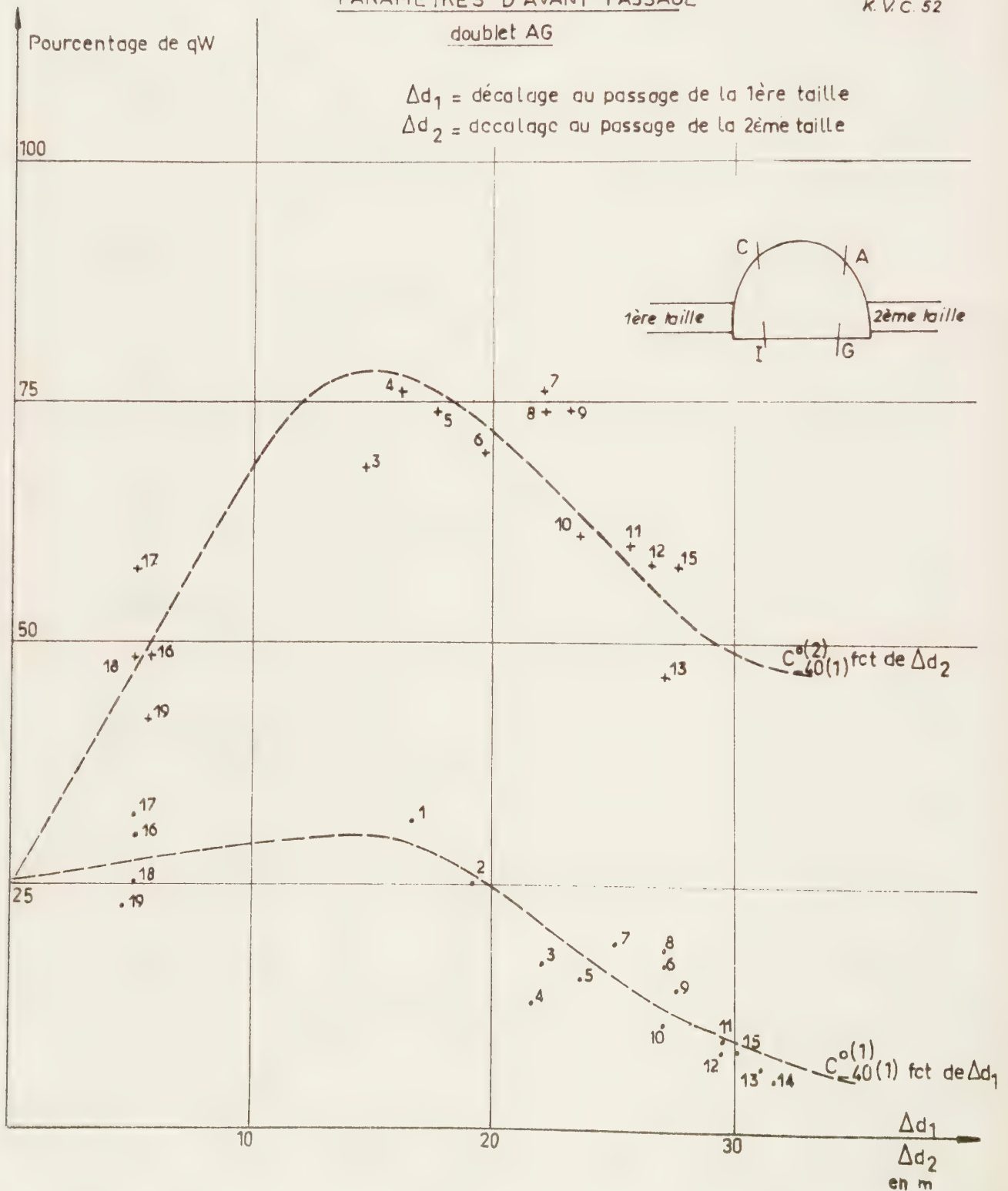


Figure 30

COURBES MOYENNES DES VOIES DE DOUBLE-UNIT

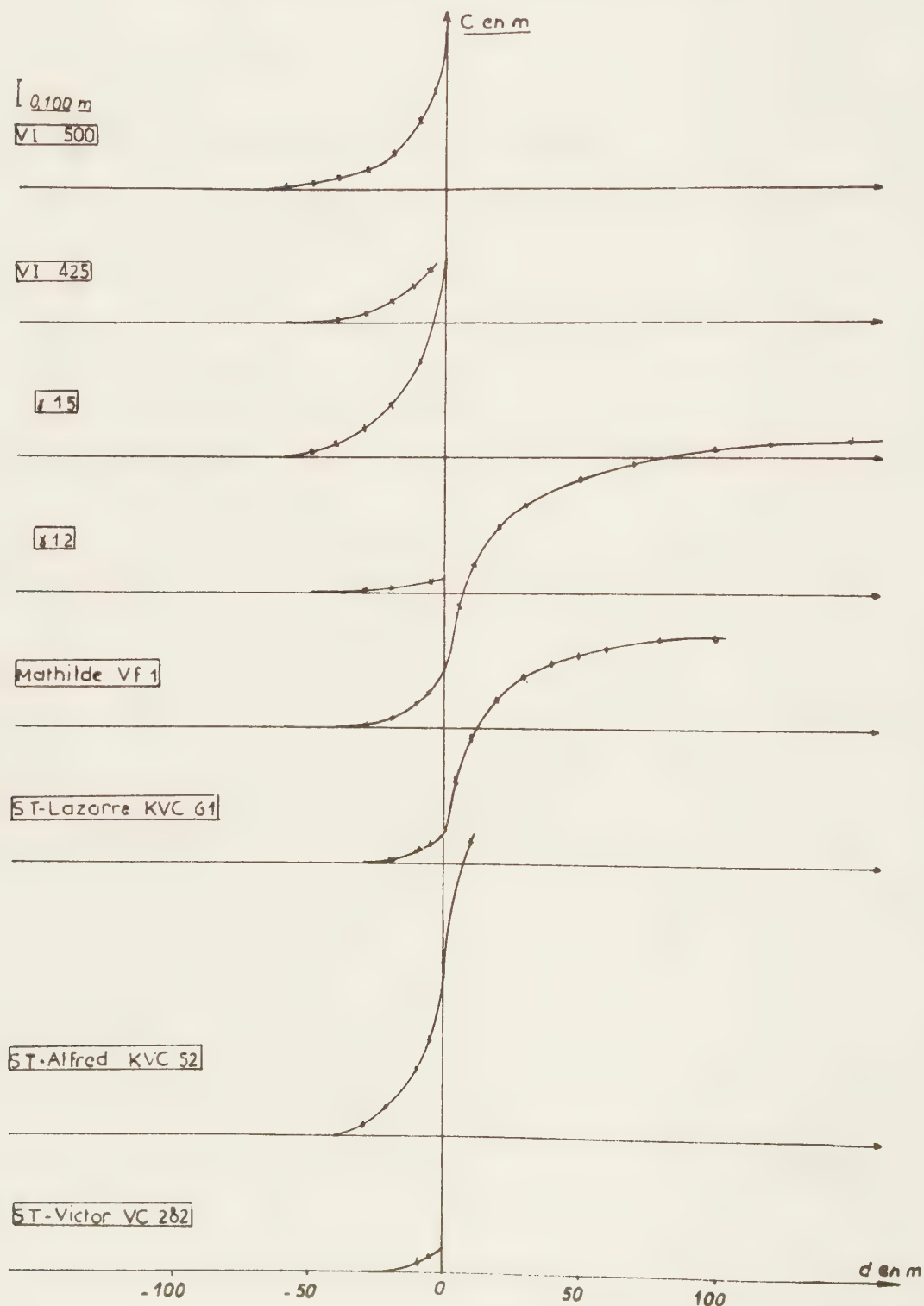


Figure 31

H. B. N. P. C.
 Lens
 Siège 3
 Veine
 St-Victor
 VC 282

RECHERCHE D'UN AJUSTEMENT
 EXPONENTIEL

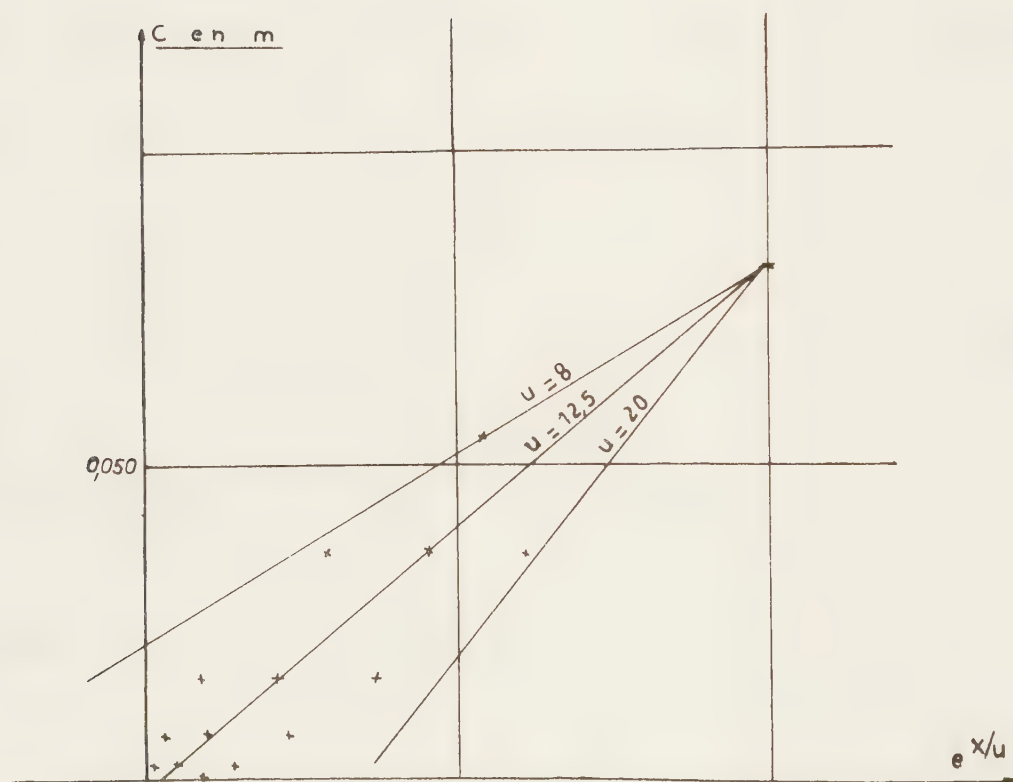


Figure 32

AJUSTEMENTS EXPONENTIELS DES COURBES MOYENNES D'AVANT-PASSAGE

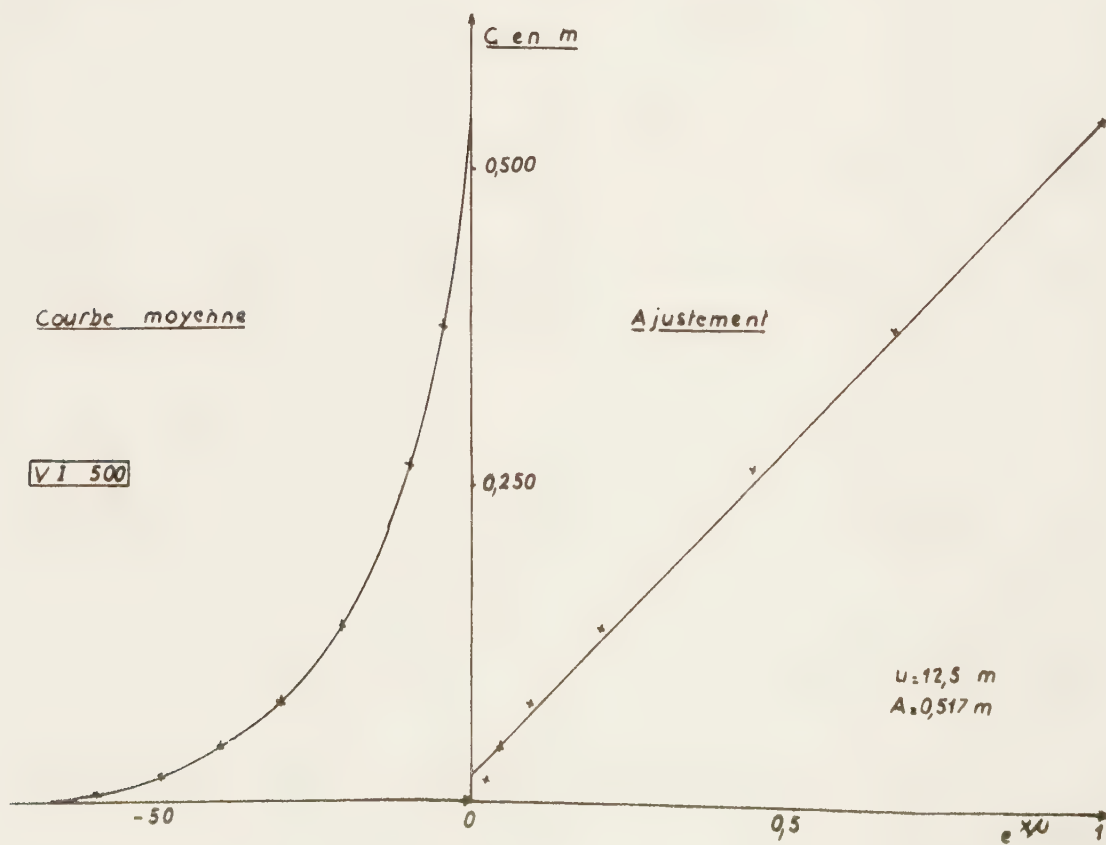
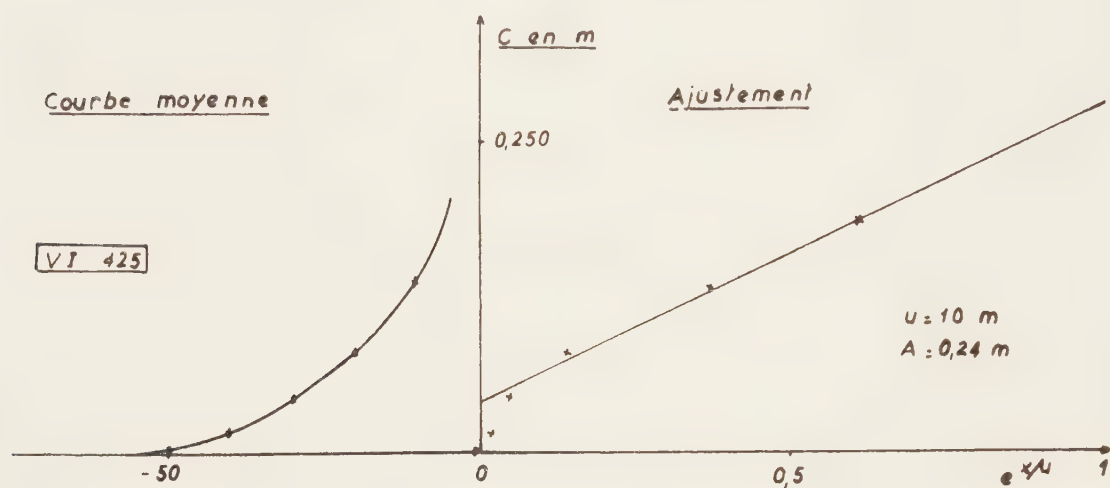


Figure 33

AJUSTEMENTS EXPONENTIELS DES COURBES MOYENNES d'AVANT-PASSAGE

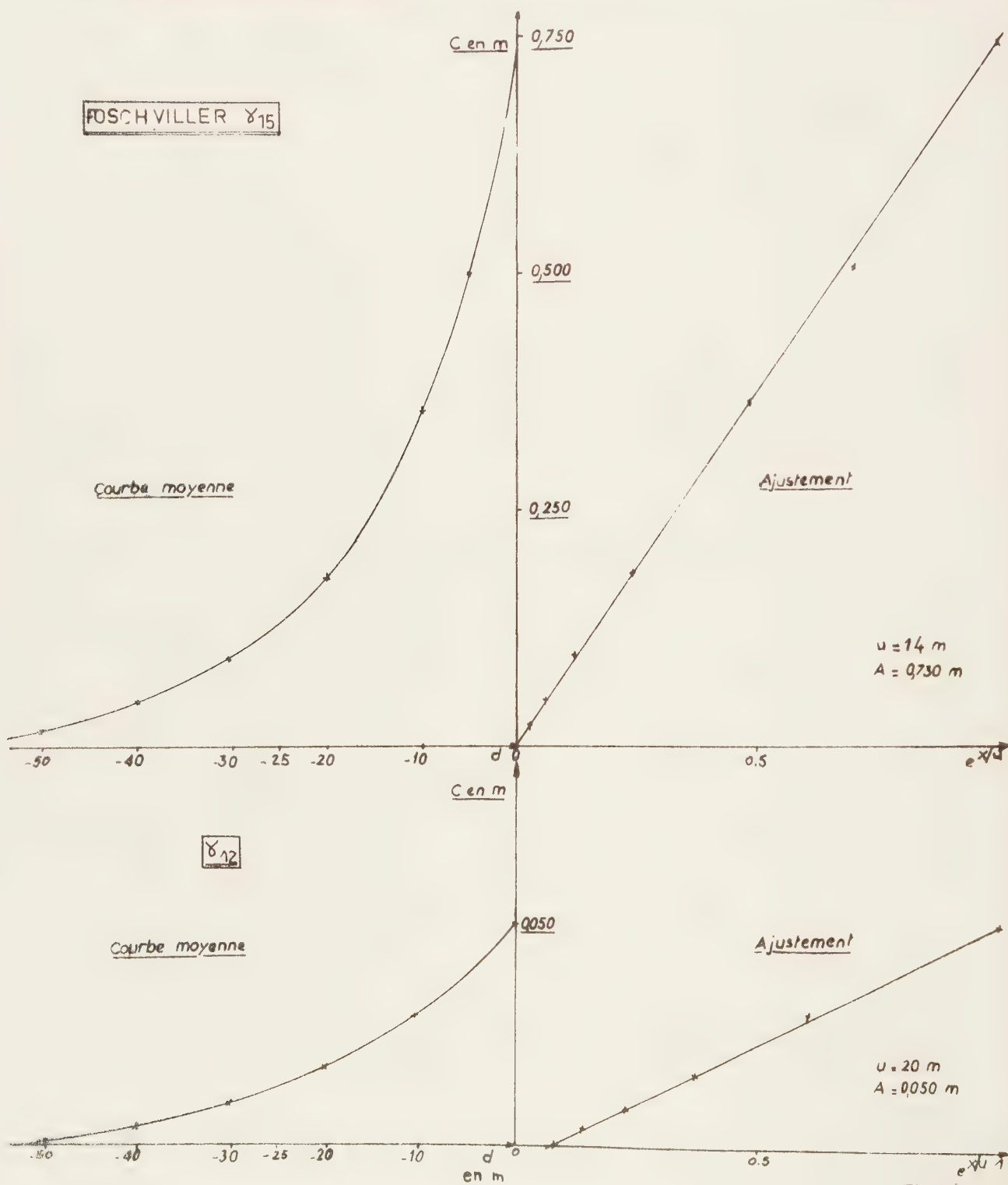


Figure 34

Mathilde V1 1

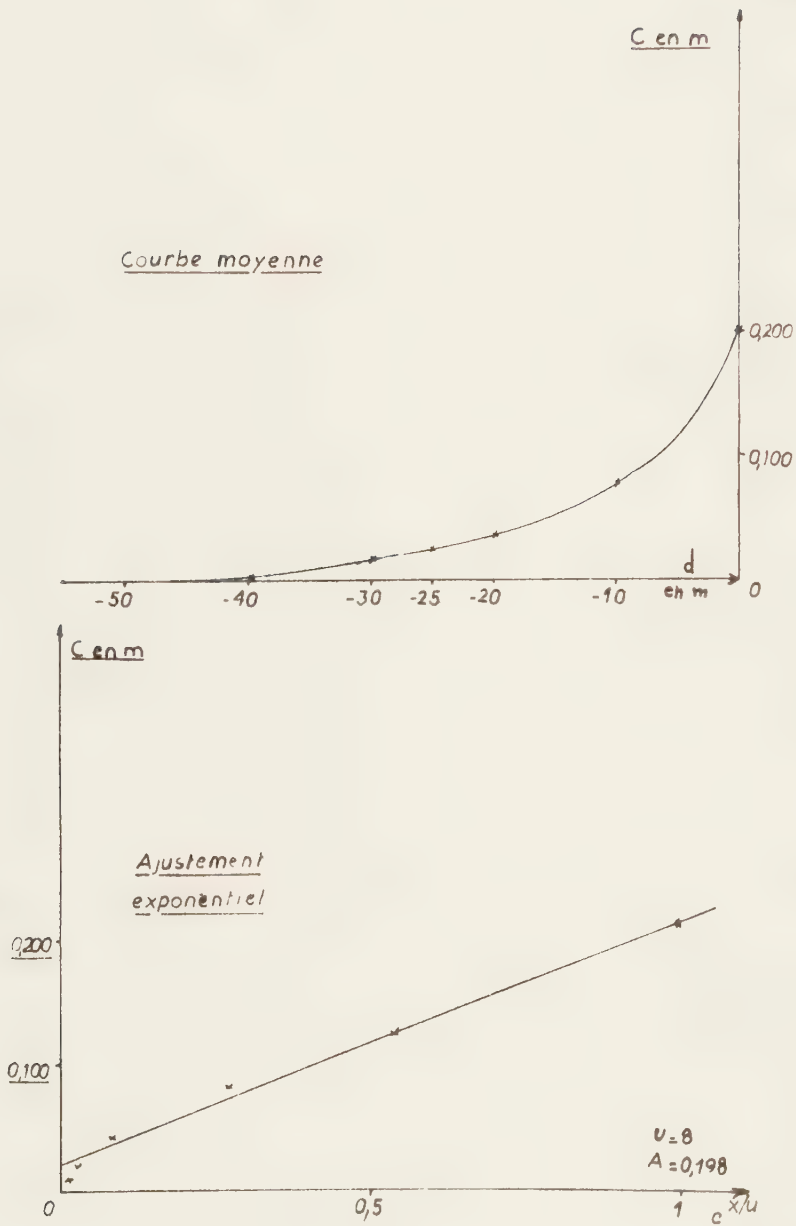


Figure 35 a

AJUSTEMENT HYPERBOLIQUE DE L'APRES-PASSAGE

Mathilde vf 1

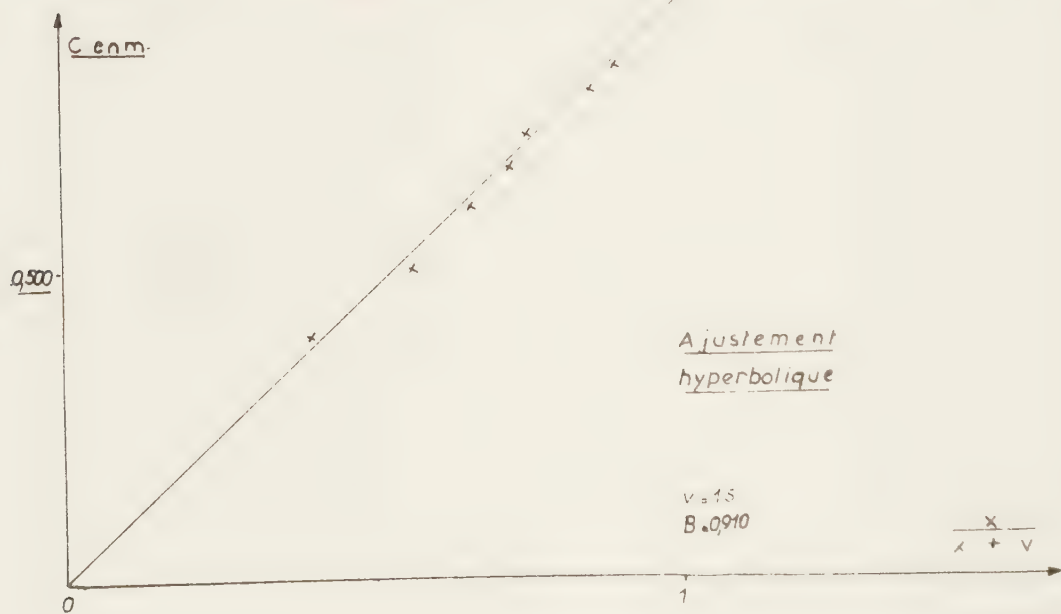
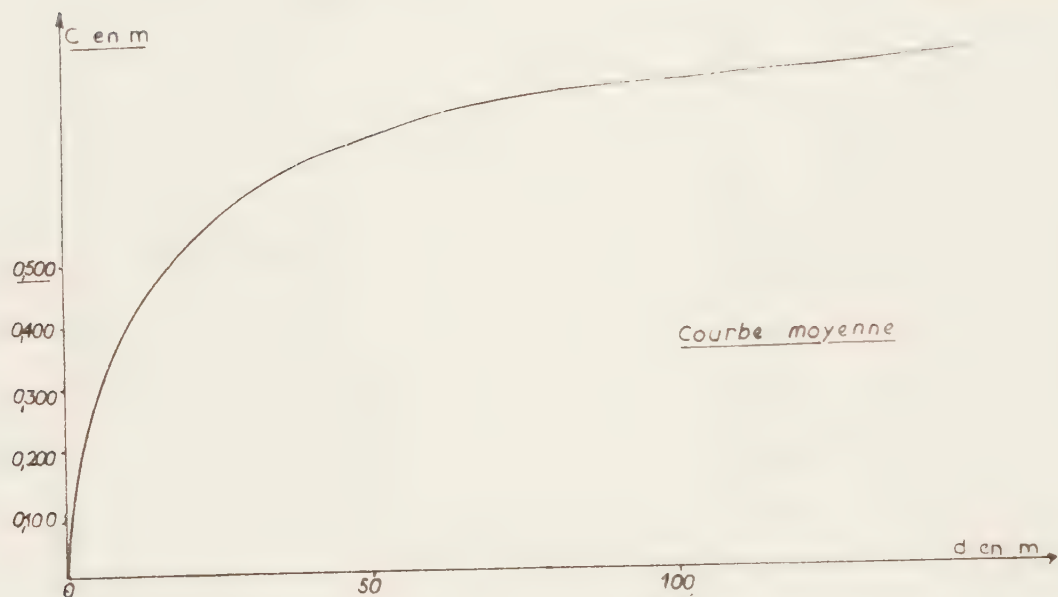


Figure 35b

AJUSTEMENT EXPONENTIEL

ST. Lazare KVC 61

D'APRES-PASSAGE

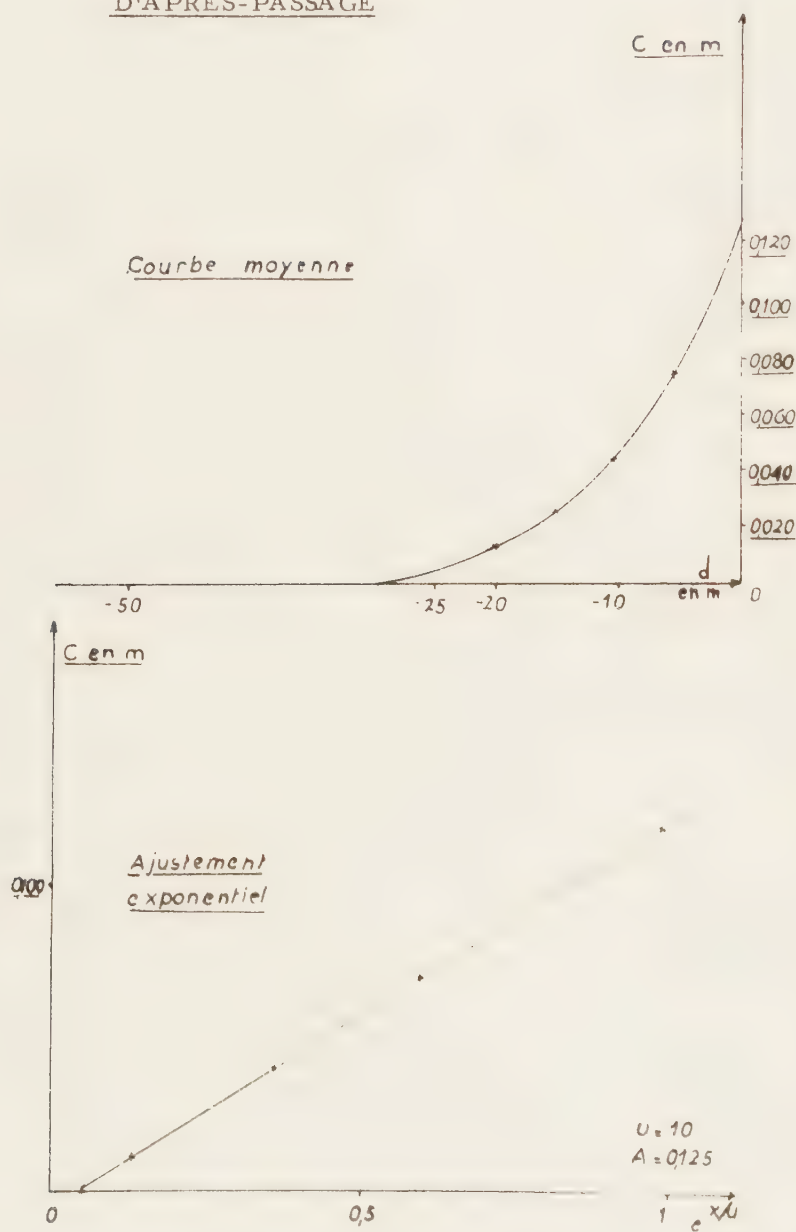


Figure 36a

AJUSTEMENT HYPERBOLIQUE D'APRES-PASSAGE

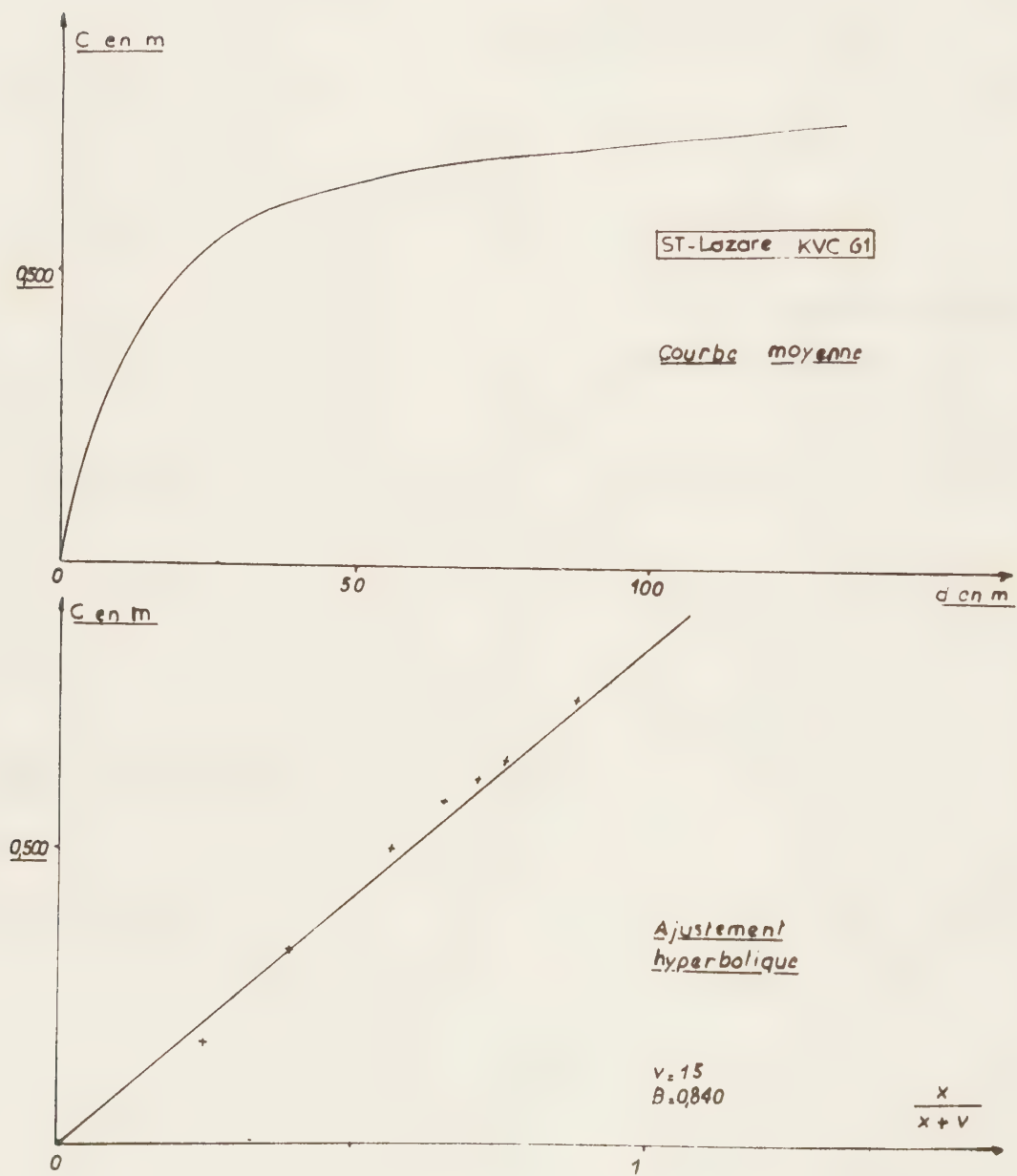


Figure 36 b

AJUSTEMENTS EXPONENTIELS DES COURBES MOYENNES D'AVANT PASSAGE

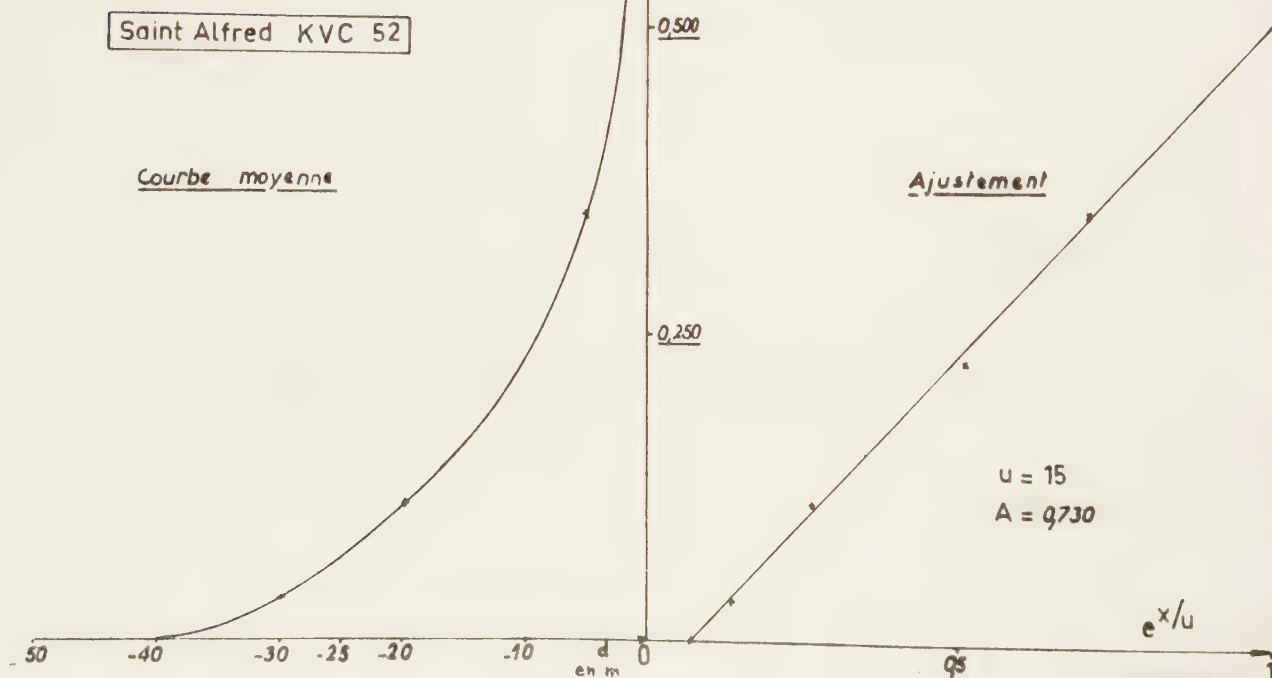
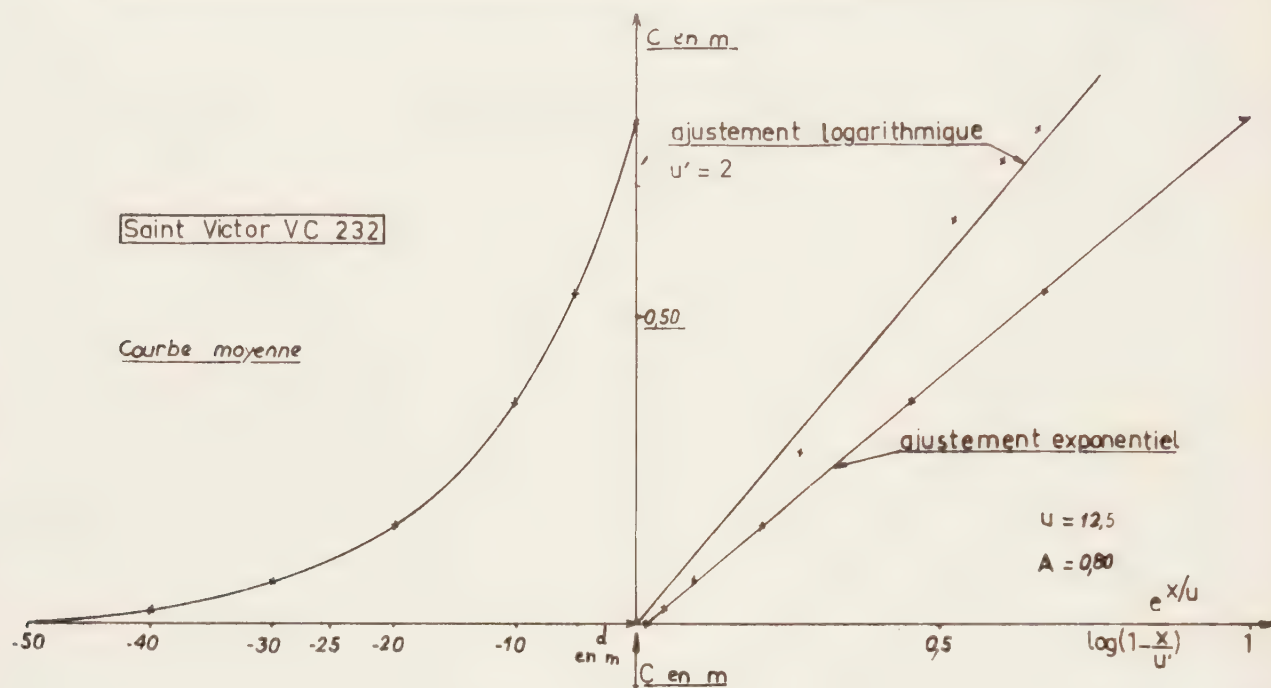
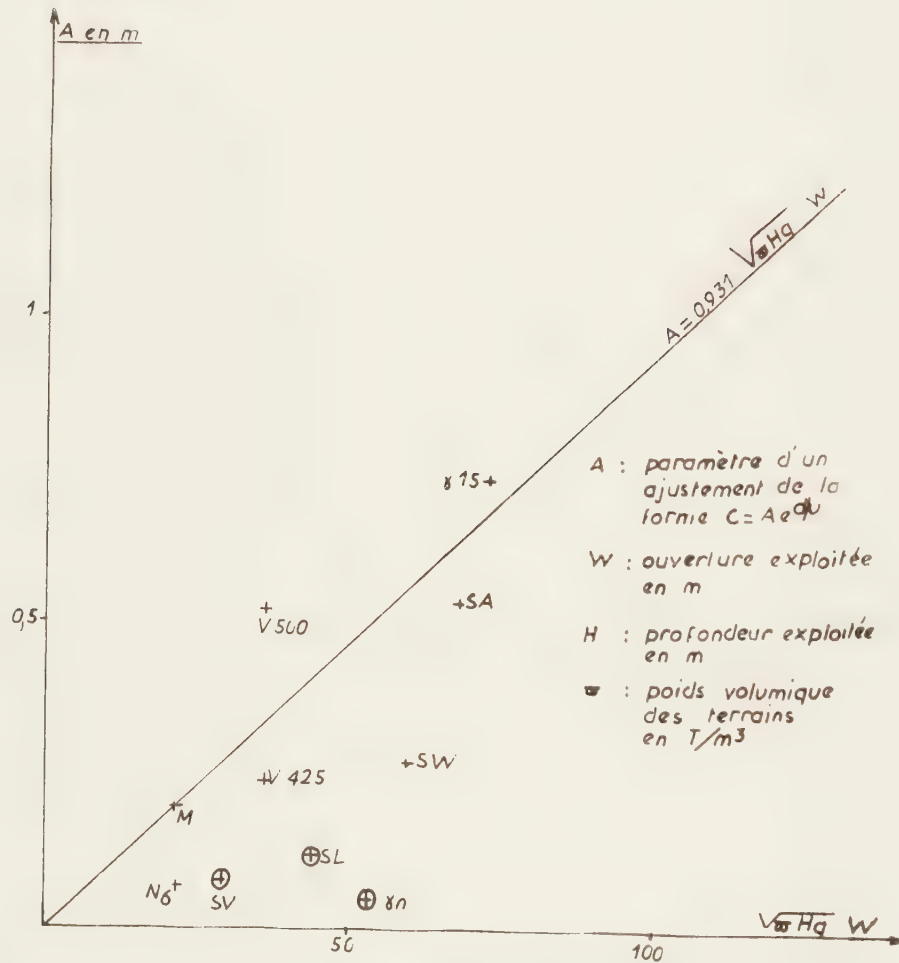


Figure 37

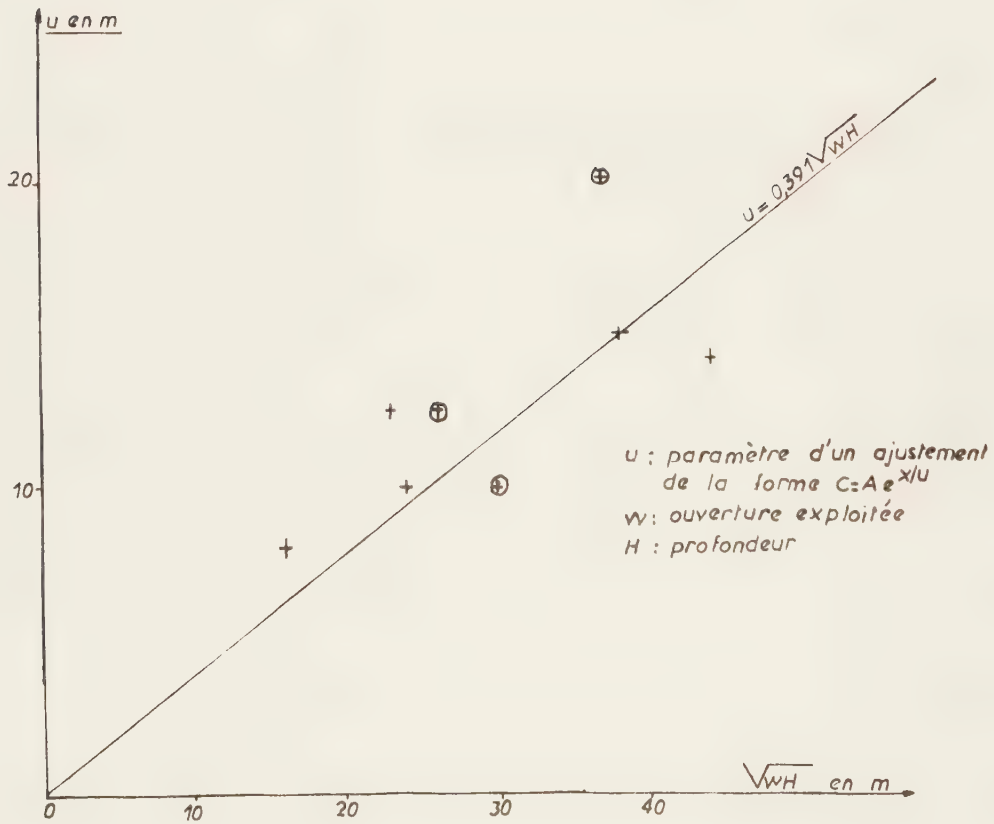
CORRELATION $A - \sqrt{\varpi H_q} W$



La droite représentée sur le graphique est la droite des moindres carrés (passant par l'origine) calculée avec les 5 points représentatifs des chantiers sous vierge.

Figure 38

CORRELATION $u - \sqrt{wH}$



La droite représentée sur le graphique est la droite des moindres carrés (passant par l'origine) calculée avec les 5 points représentatifs des chantiers sous vierge.

Figure 39

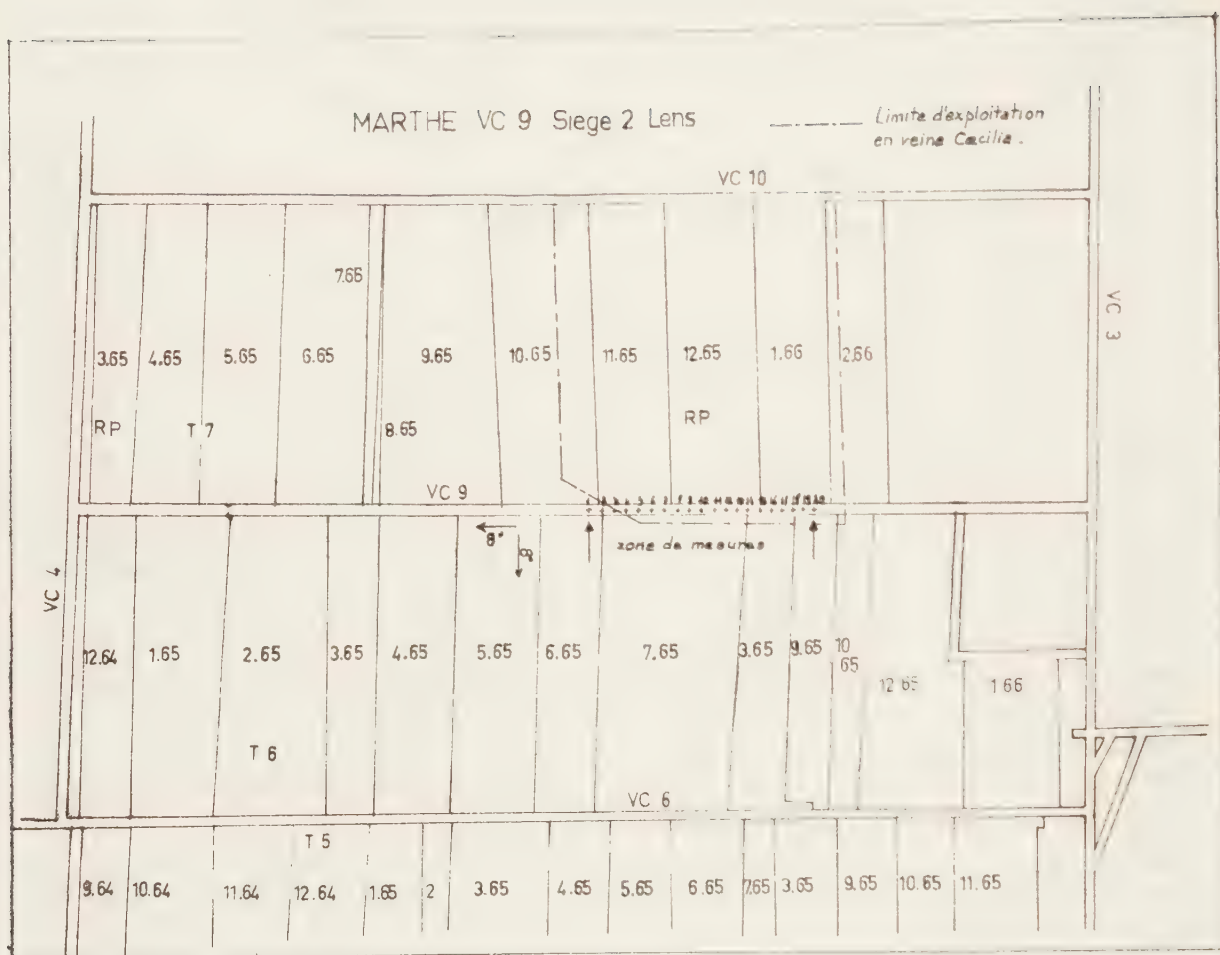


Figure 40

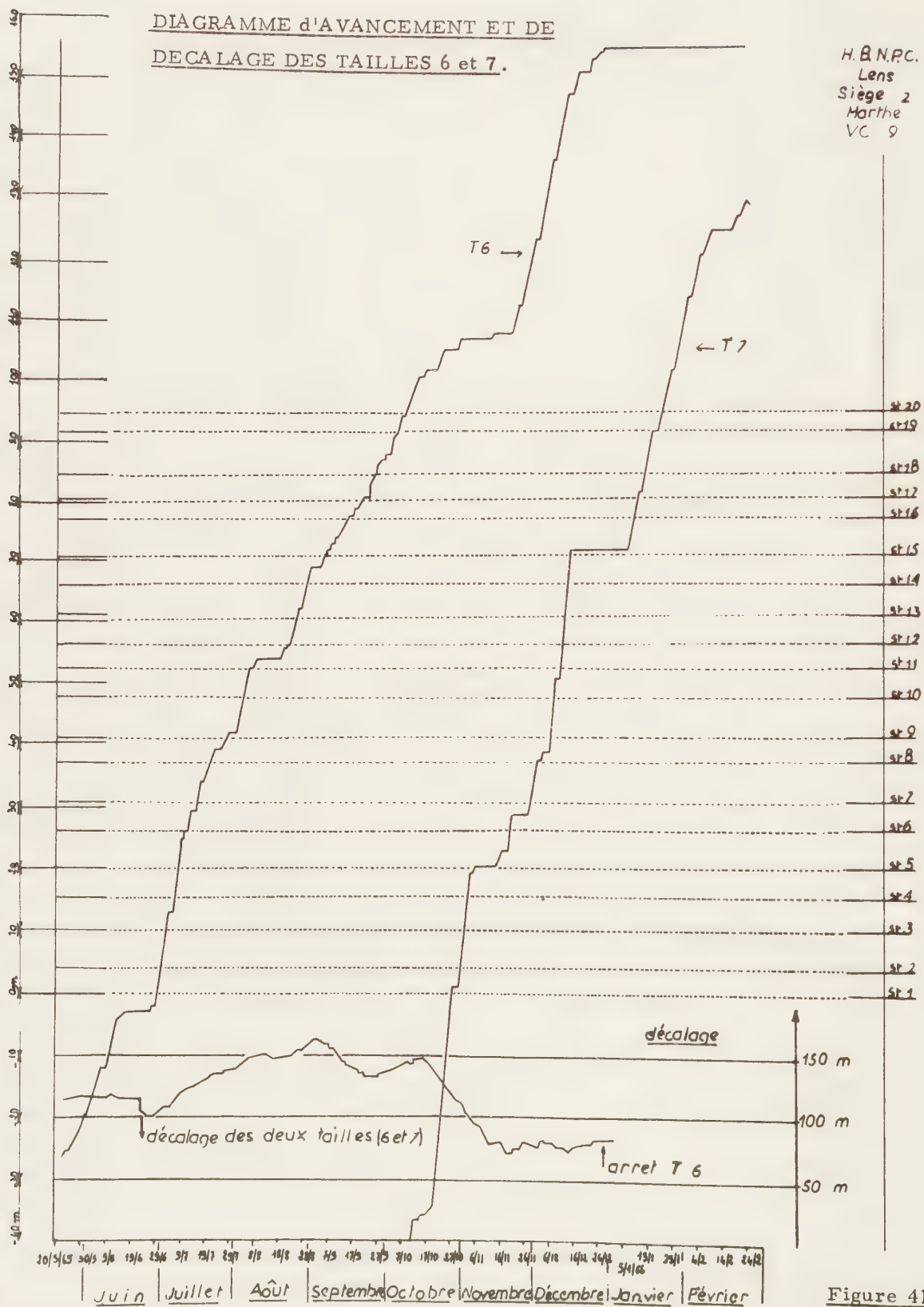


Figure 41

COURBES DE CONVERGENCE d'UNE STATION
EN FONCTION DE LA DISTANCE DES TAILLES

H.B.N.R.C.
 Lens
 Siège 2
 Marthe
 V.C. 9
 Station 12

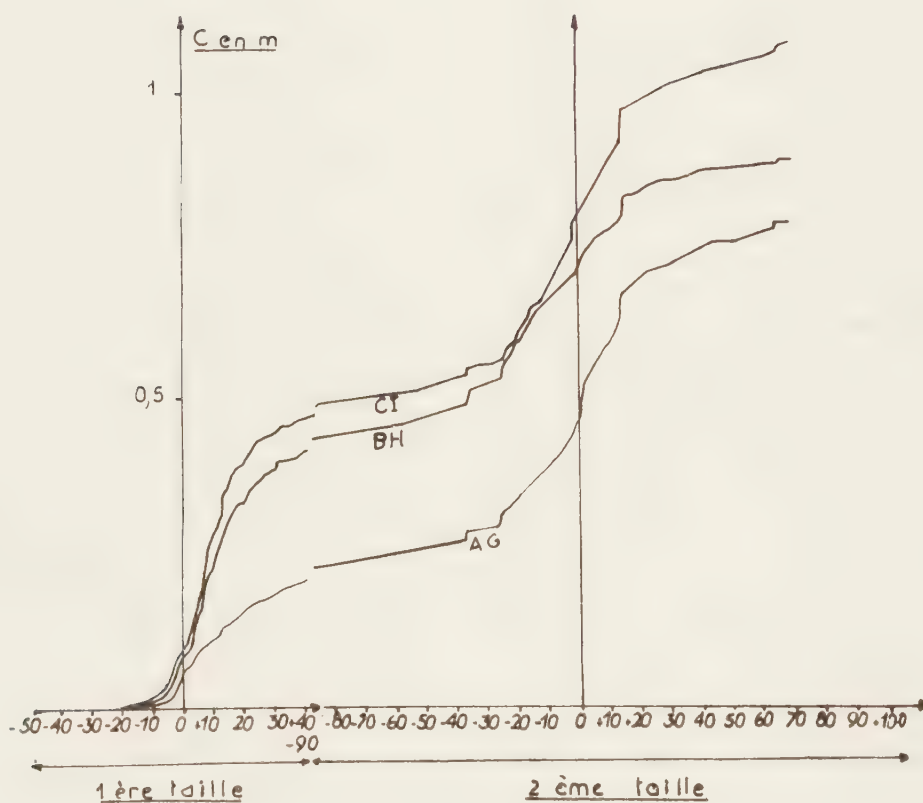


Figure 42

INFLUENCE DES ARRETS DE TAILLE SUR L'EVOLUTION DES CONVERGENCES.

H.B.N.P.C.
 Lens
 siège 2
 Martha
 VC 9
 doublets AG

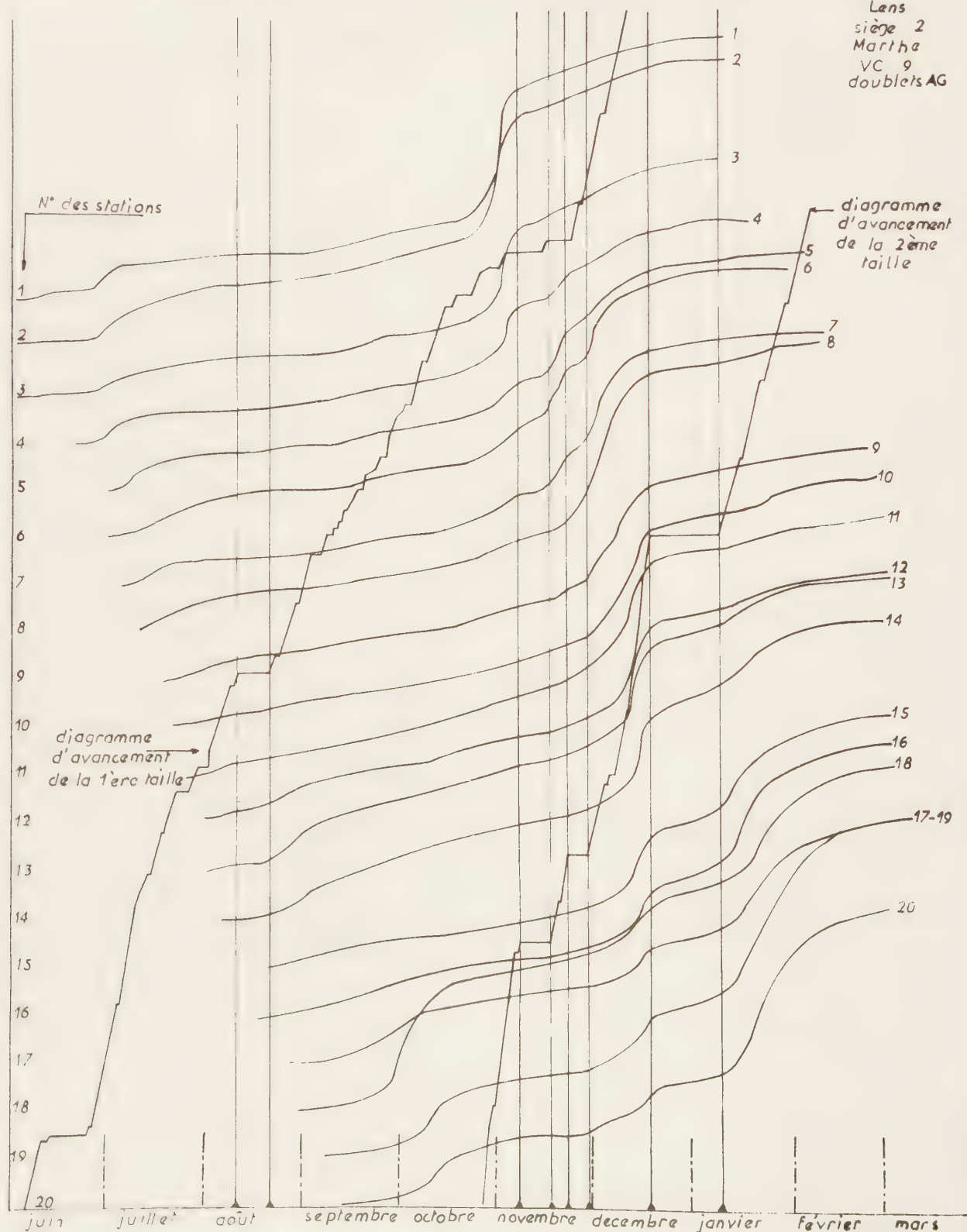


Figure 43

COURBES DE CONVERGENCE D'UNE STATION
SOUS L'INFLUENCE DE LA 2ème TAILLE.

H.B.N.P.C.
 Lens
 Siege 4
 Emilie
 VC 1 b
 Station 19

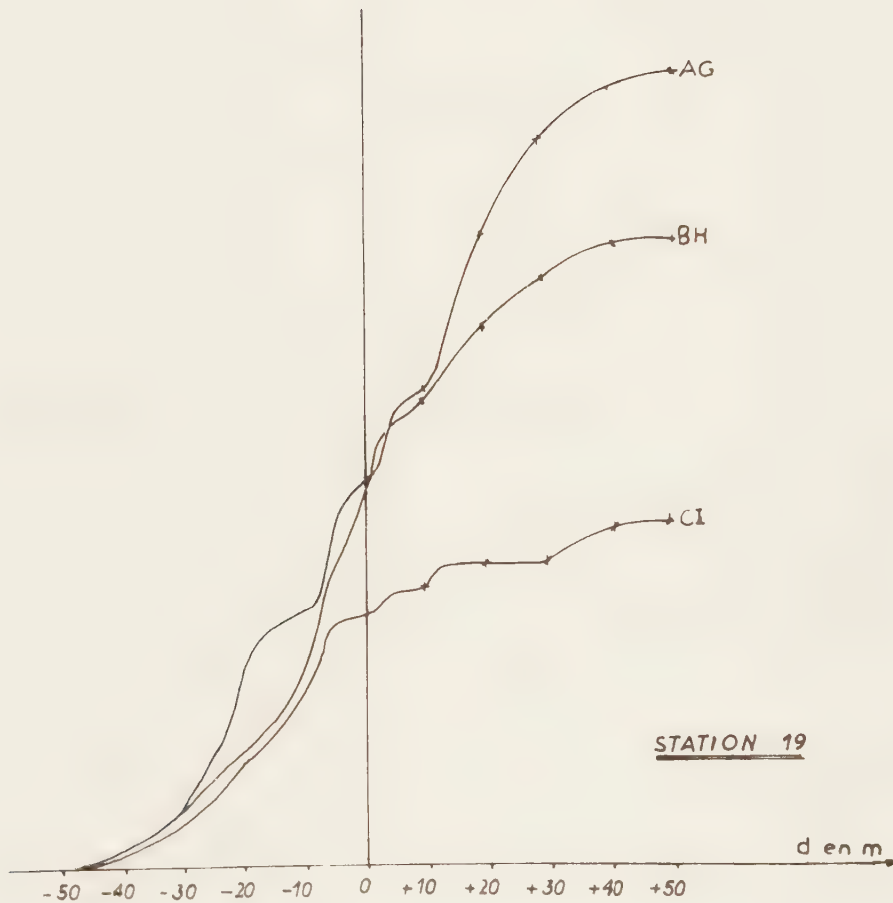


Figure 44

COURBES MOYENNES DE CONVERGENCE DES DOUBLETS
SITUES COTE DEUXIEME TAILLE

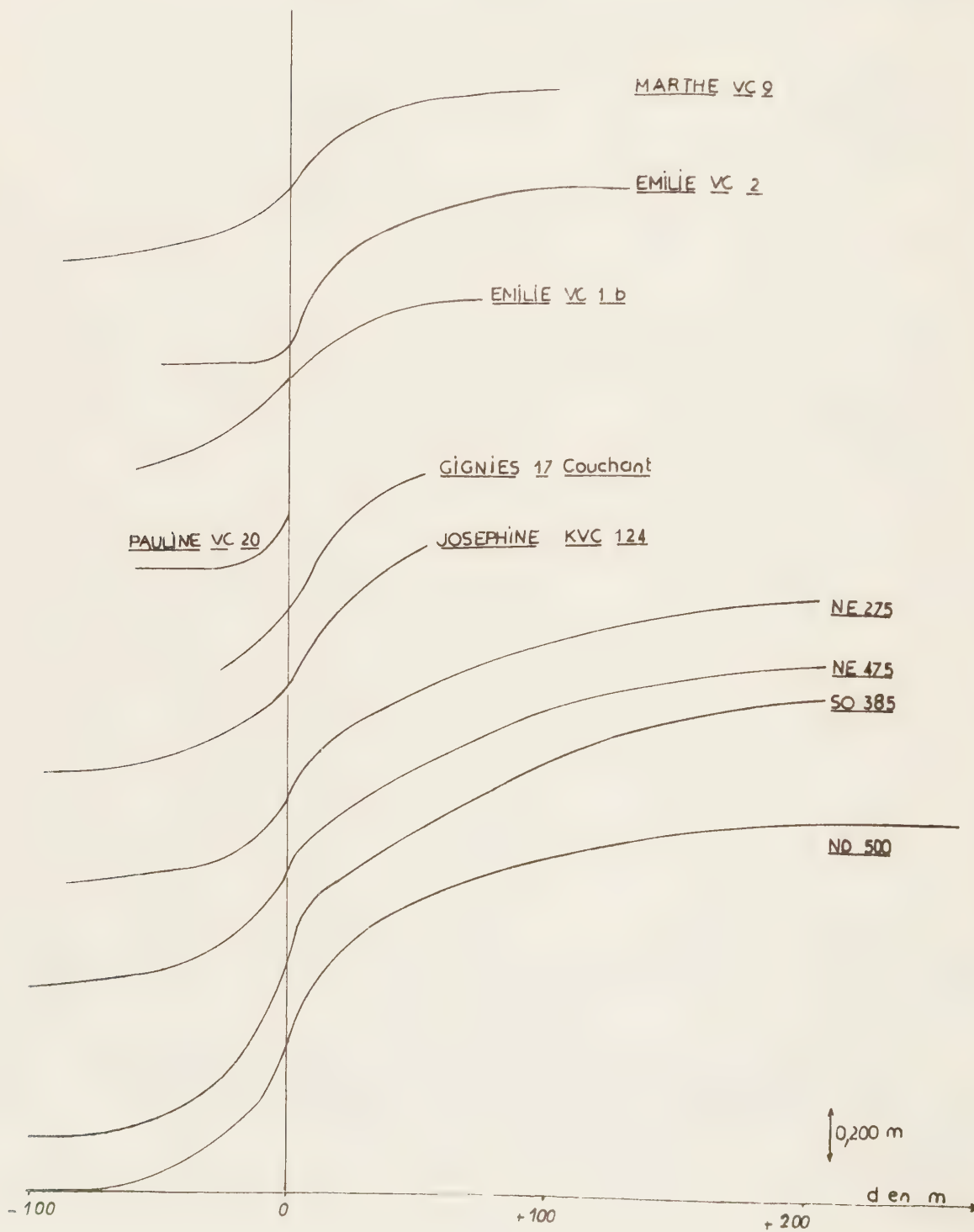
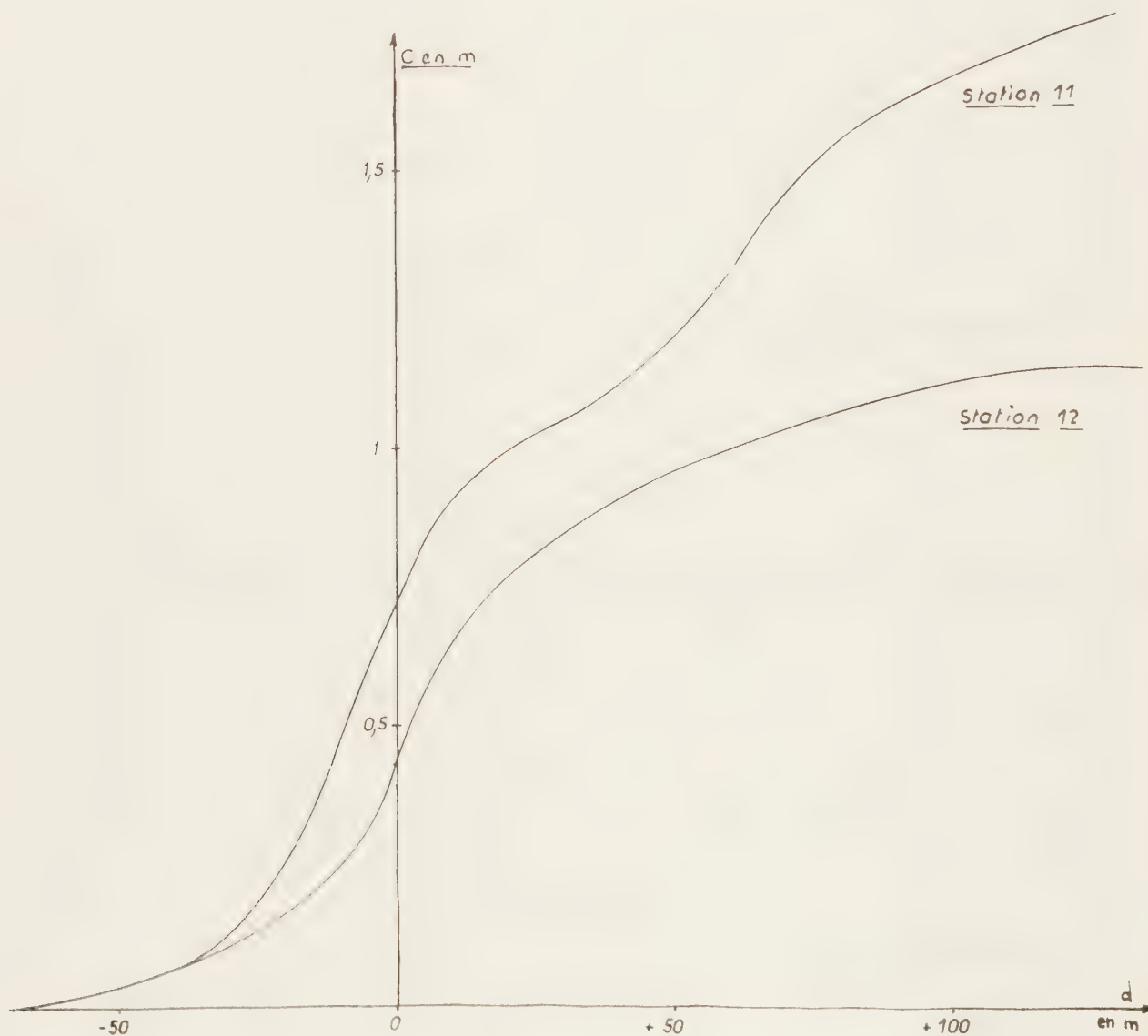


Figure 45

FORME DES COURBES DE CONVERGENCE DE DEUXIEME PASSAGE

H.B.L.

La Houve
E.M.S.O 385
Doublets AA'



On rencontre, parmi les courbes de cette campagne, deux familles :

- les unes ont la forme qu'on rencontre habituellement (station 12)
- les autres présentent deux points d'inflexion (station 11)

Figure 46

STABILISATION DE LA CONVERGENCE ENTRE LES PASSAGES
DE DEUX TAILLES

H.B.N.P.C.
Lens
Siege 2
Marthe VC 9
Doublets CI

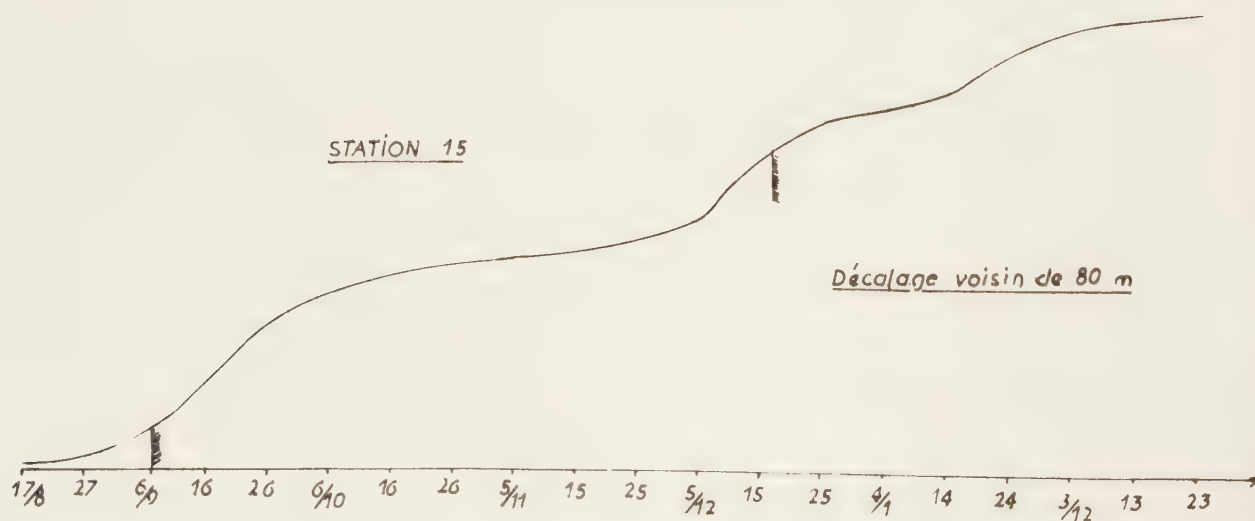
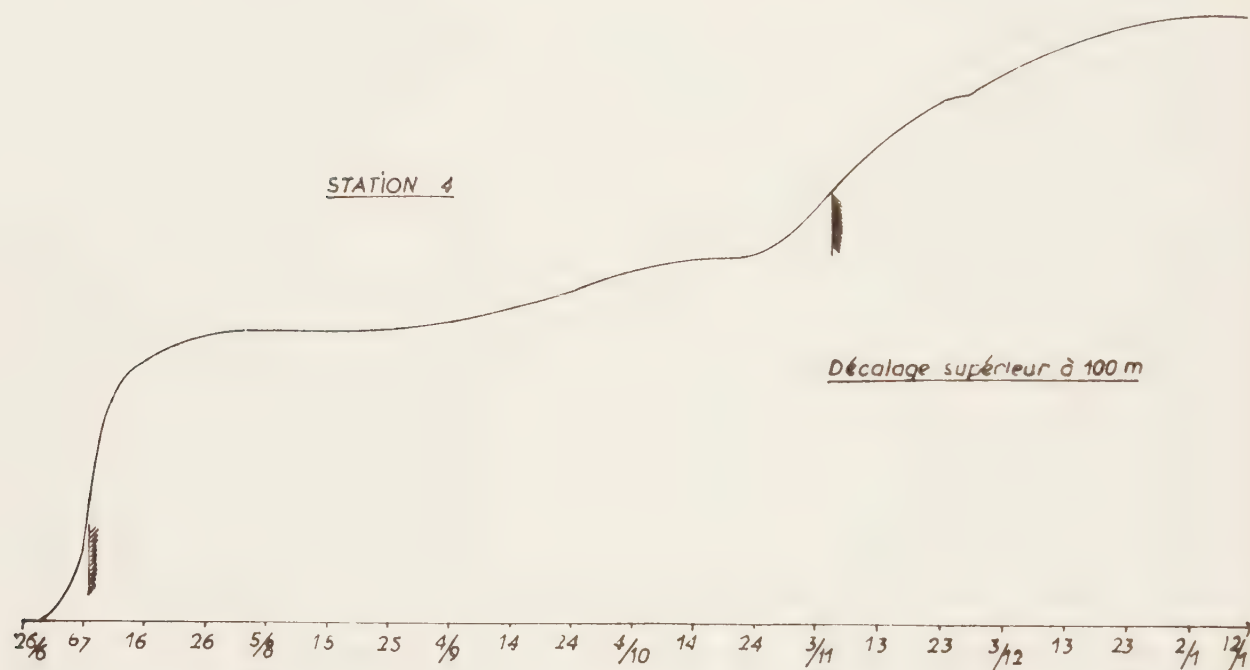


Figure 47

STABILISATION DES CONVERGENCES ENTRE LES DEUX
PASSAGES POUR UN DECALAGE DE 90 m.

17 Couchant
 Station 1
 doublet α'

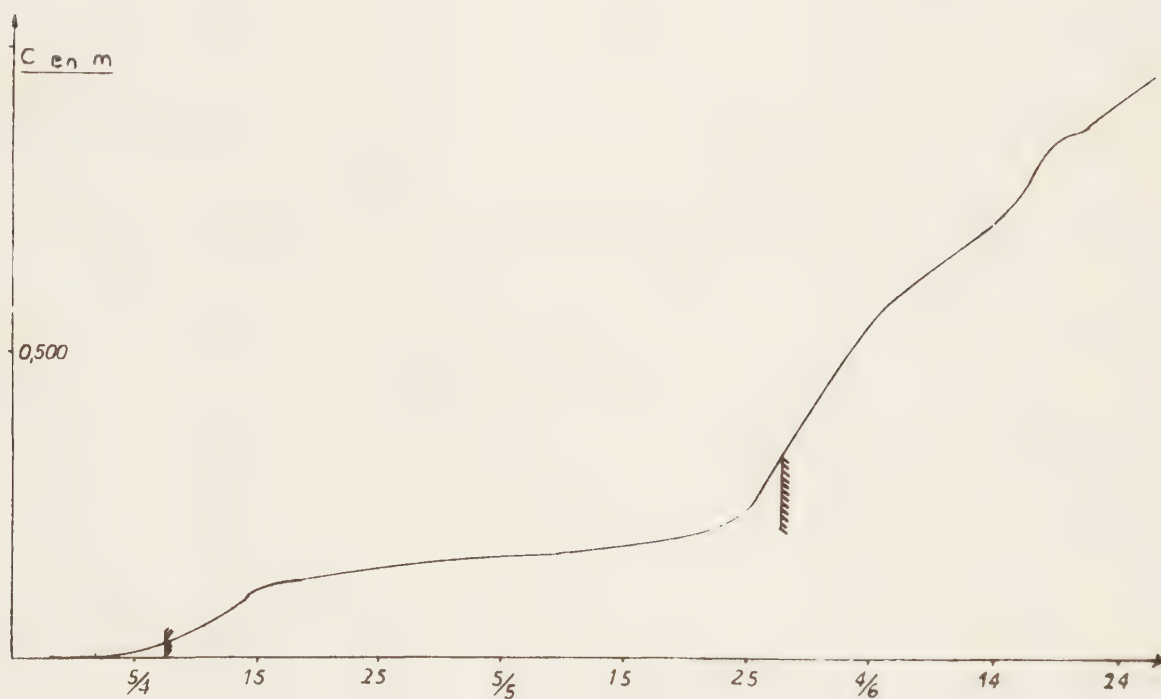
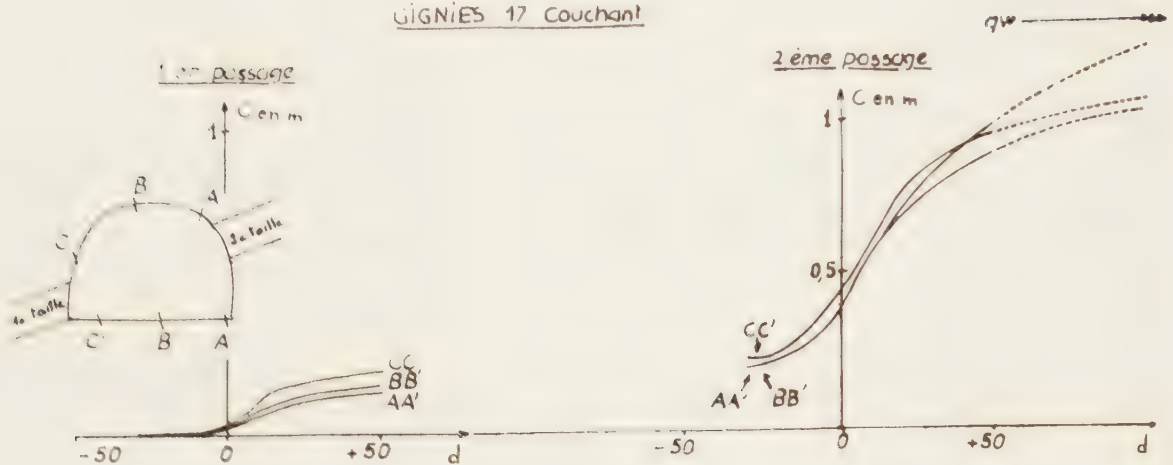


Figure 48

COURBES MOYENNES DE CONVERGENCE

GIGNIES 17 Couchant



JOSEPHINE KVC 124

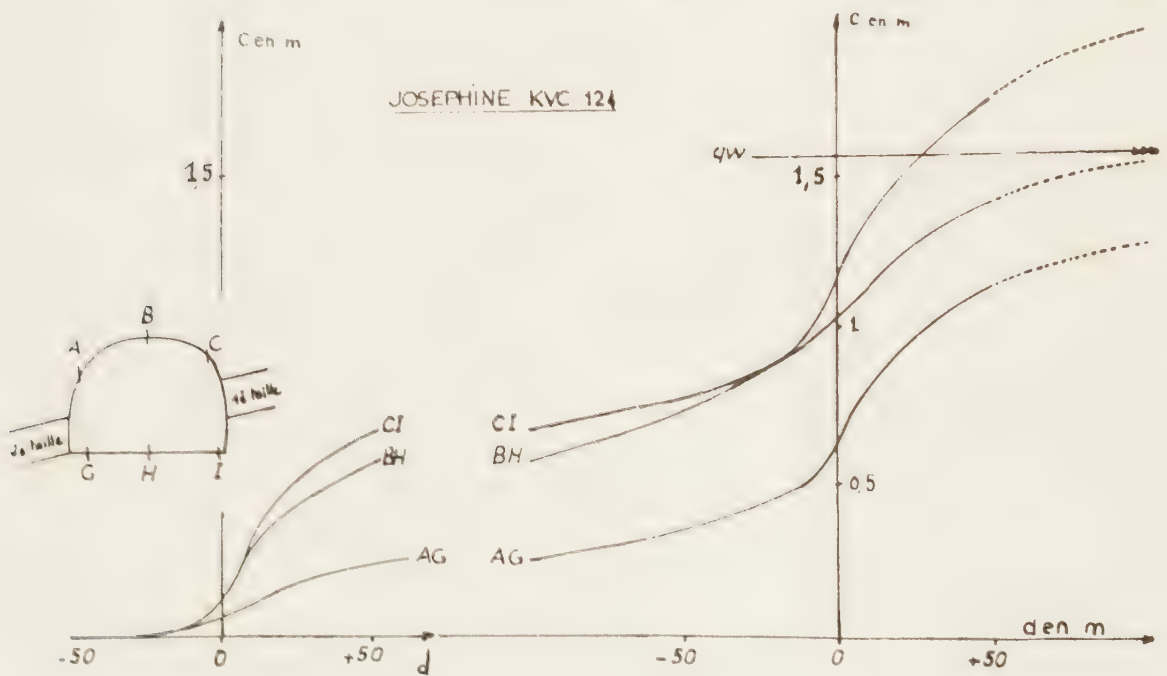


Figure 49

COURBES MOYENNES

H.B.N.R.C.
 Lens
 Siege 2
 Martha
 UC 9

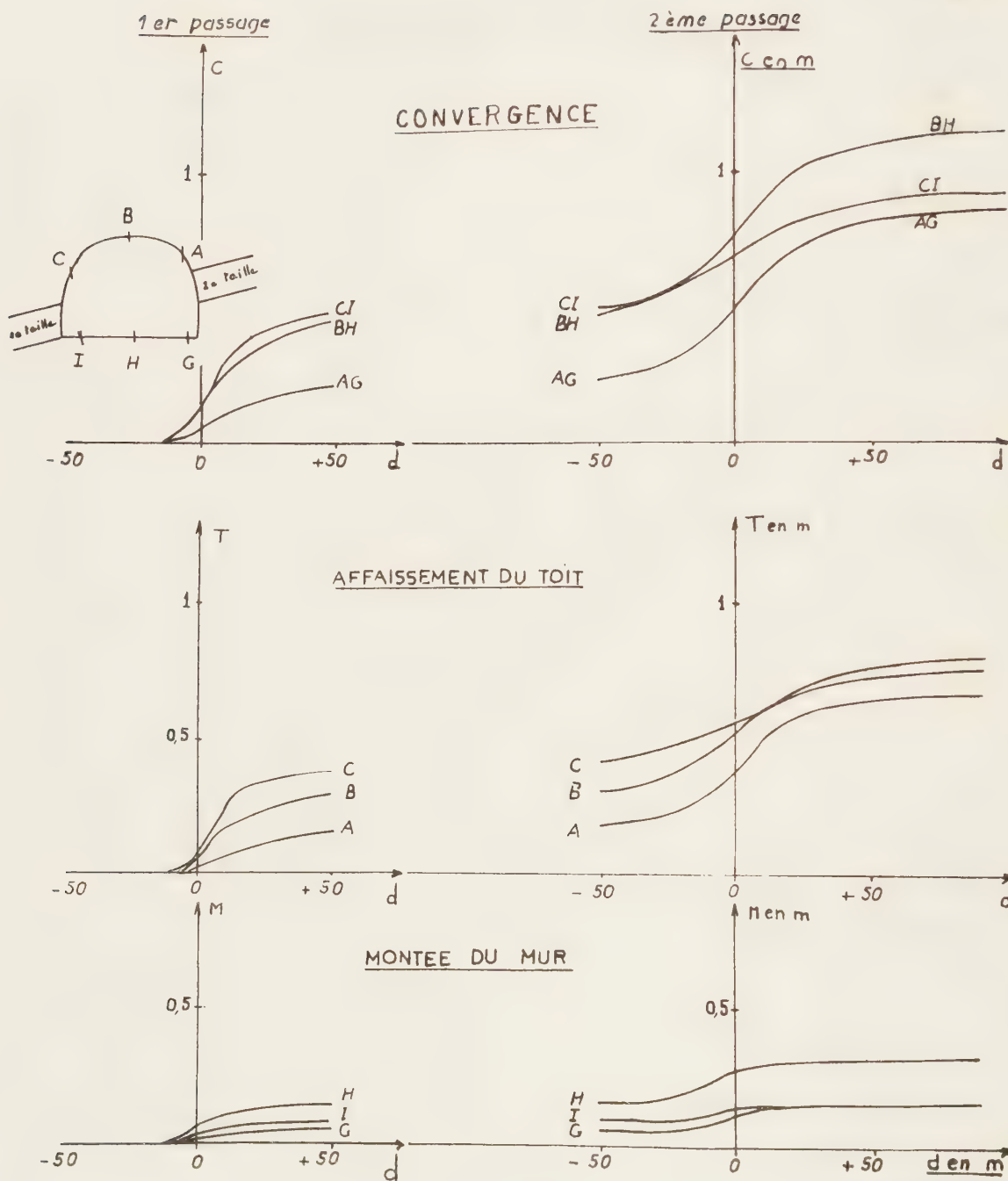


Figure 50

COMPARAISON DE L'EVOLUTION DES
CONVERGENCES DES 2 COTES DE LA VOIE
PAR LA METHODE DES ALIGNEMENTS.

H.B.N.R.C.
Lans
Siège 2
Marthe VC 9
Station 14

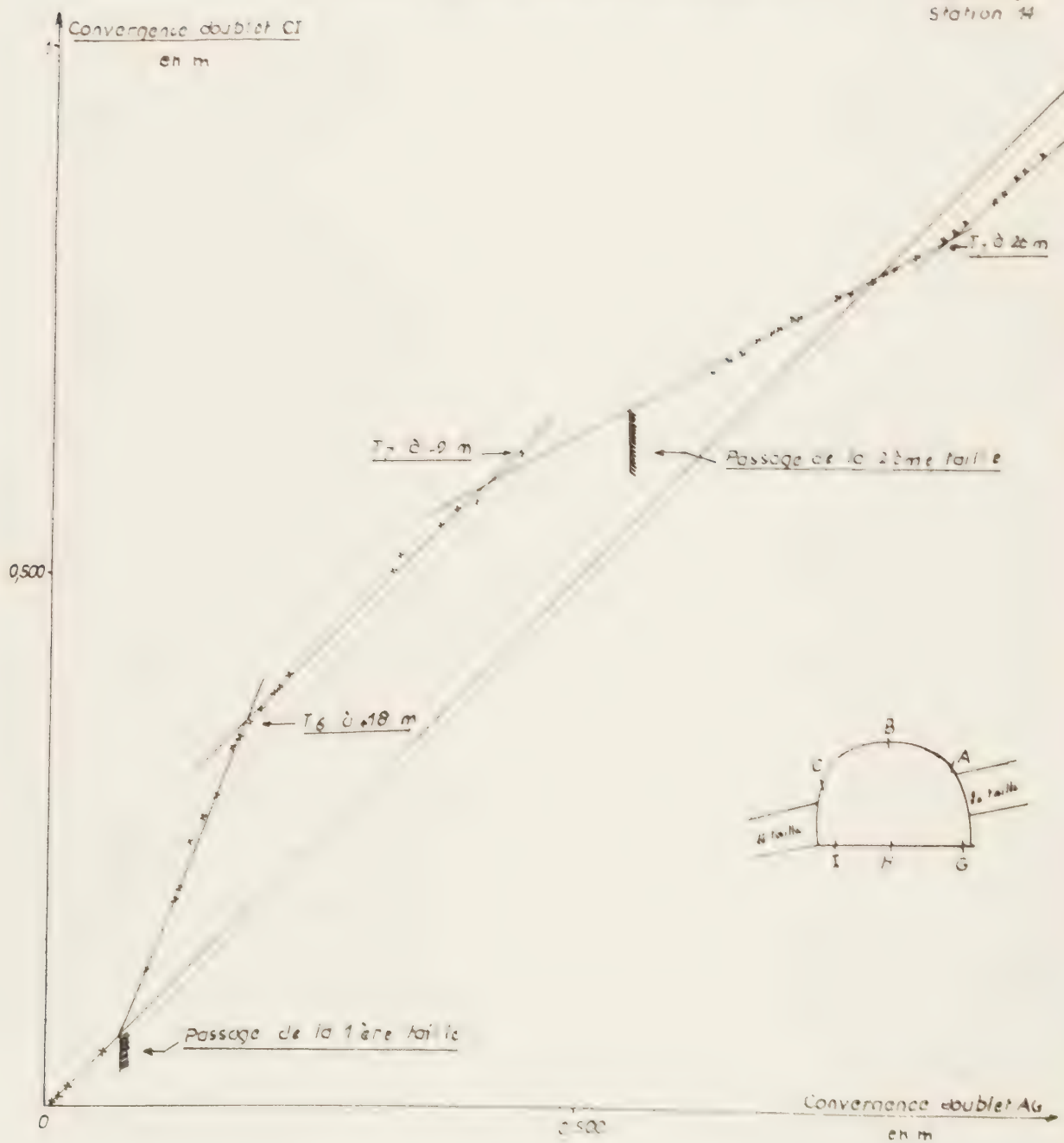


Figure 51

COMPARAISON DE L'AFFAISSEMENT DU TOIT (T) ET DE
LA MONTEE DU MUR (H) POUR LE DOUBLET BH.

H.B.N.R.C.
Lens
Siège 2
Martha
VC 9

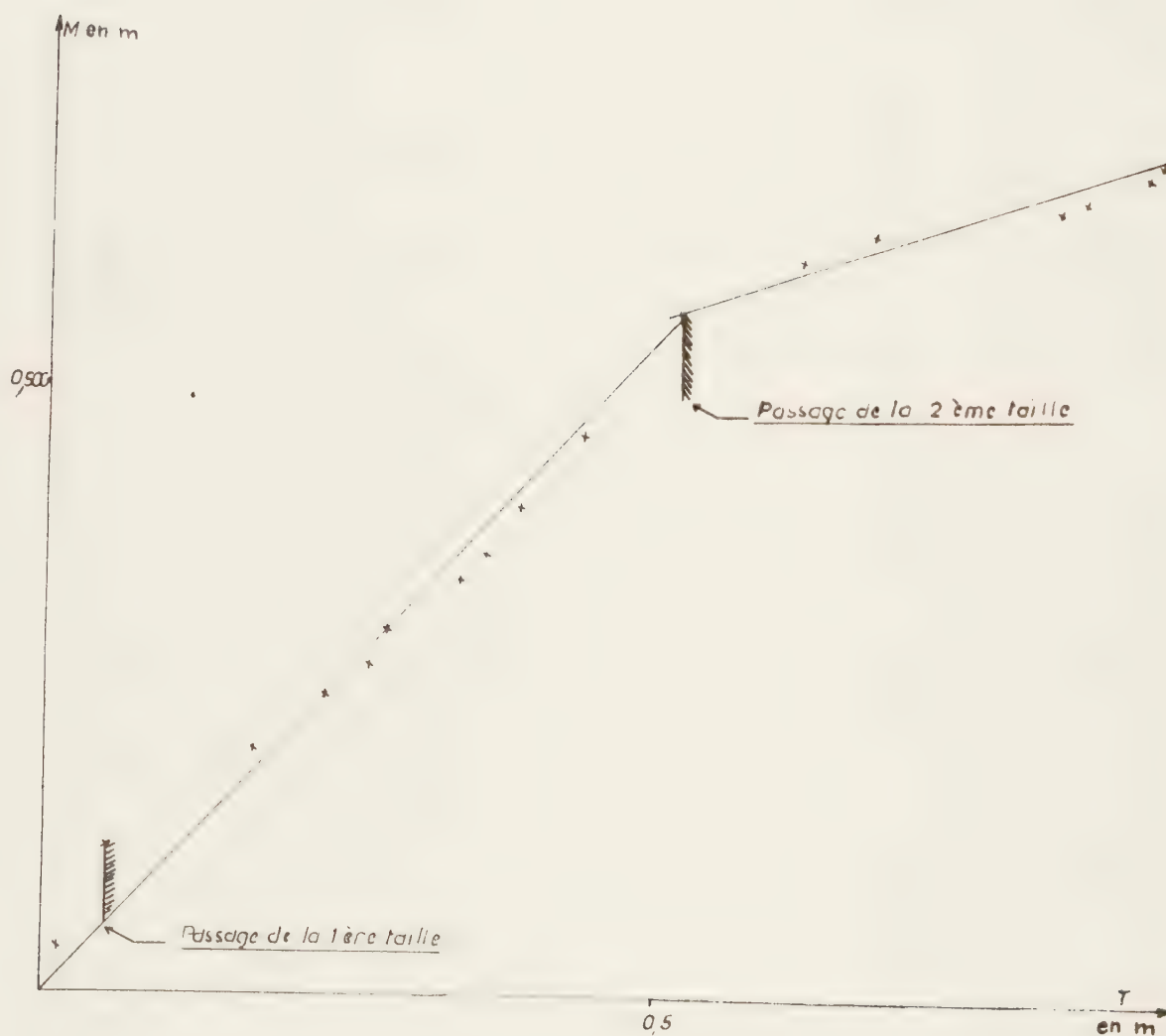


Figure 52

SOUFFLAGE DU MUR EN FIN D'EXPLOITATION A DIFFERENTES PROFONDEURS

H.B.N.P.C.
Lens
Siège 2
Marthe
VC 9

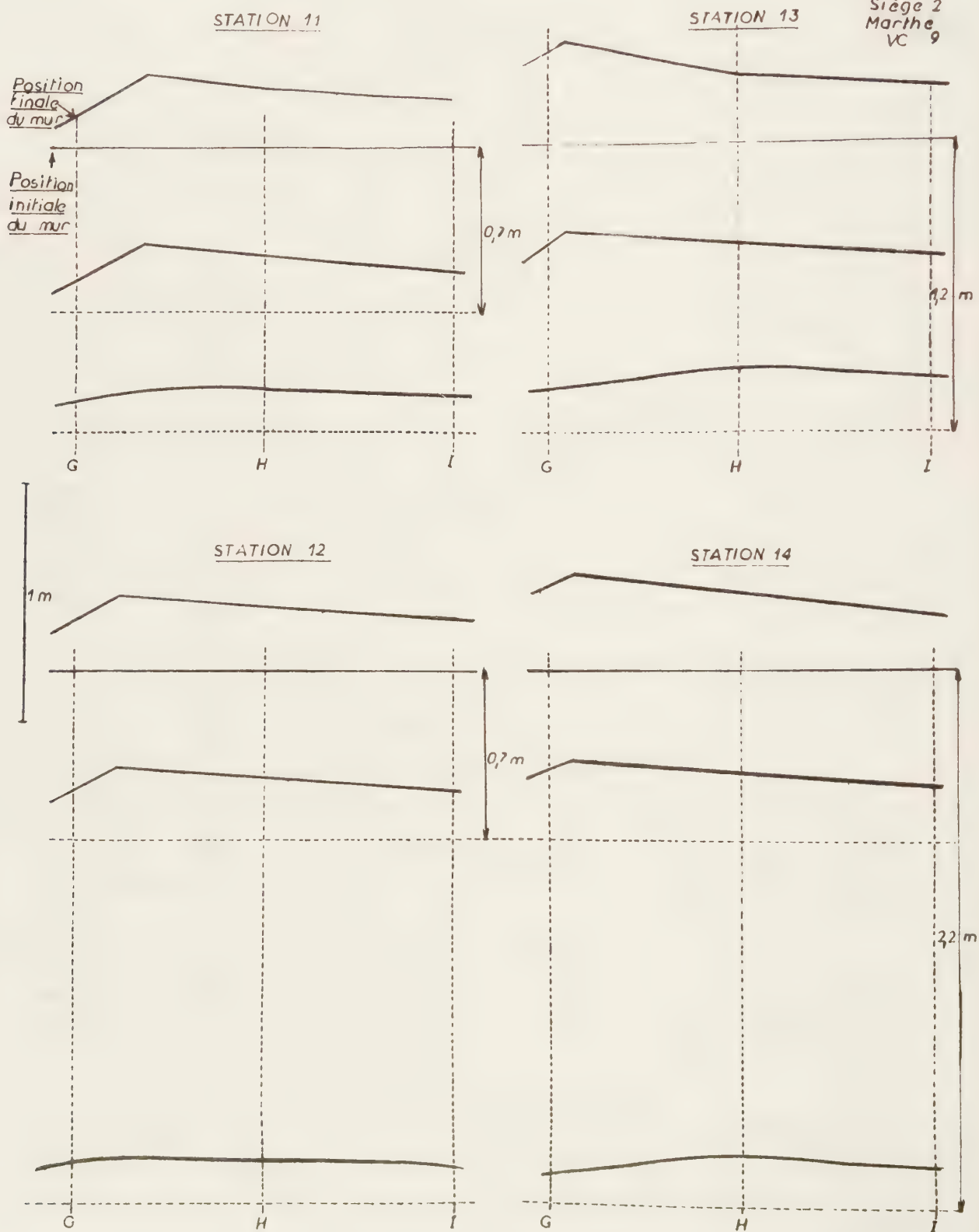


Figure 54

COURBES D'EXPANSION DES BANCS DU TOIT

HBNPC
Lers
Sige 2
Marthe VC9
Station 12

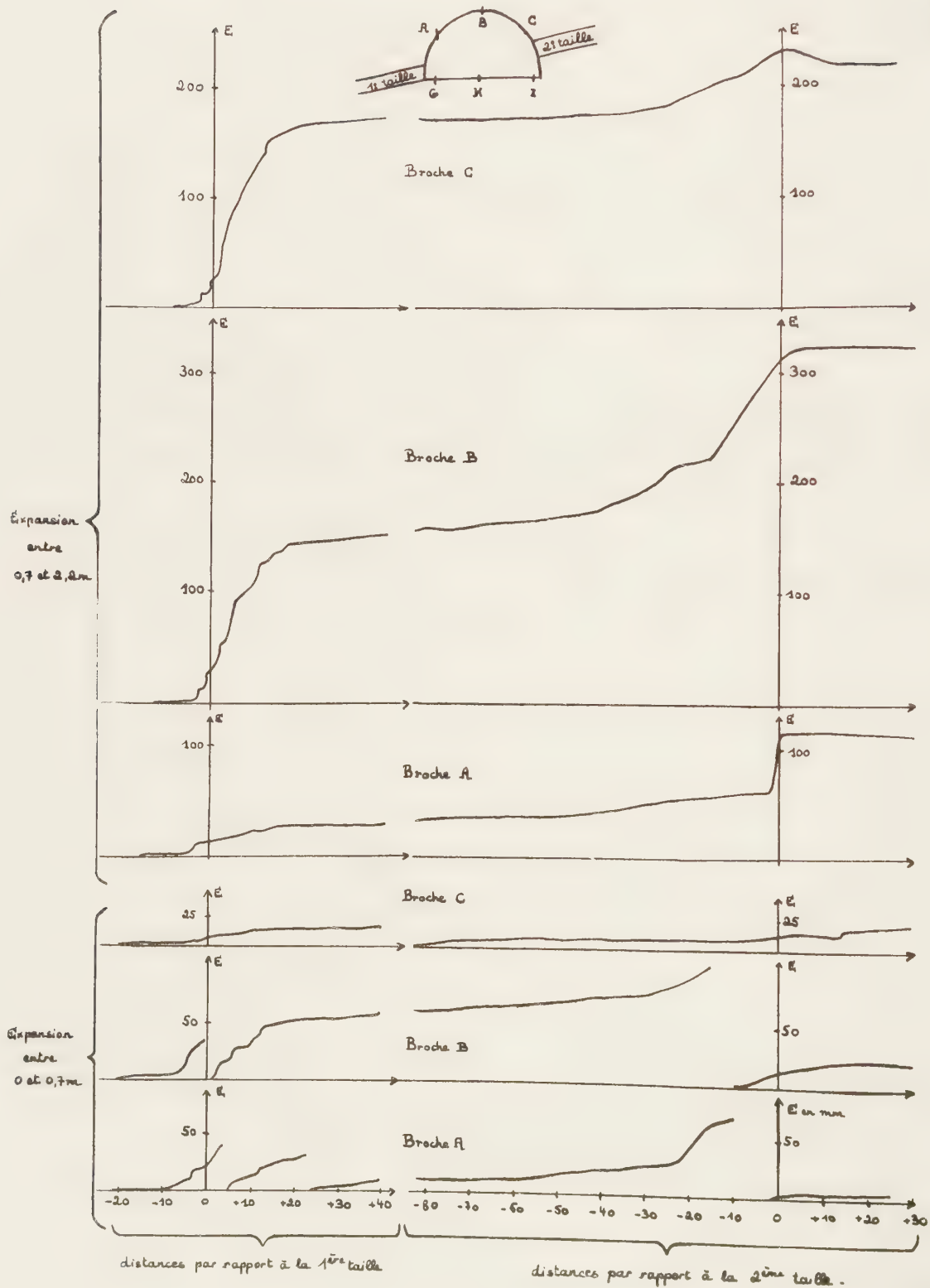
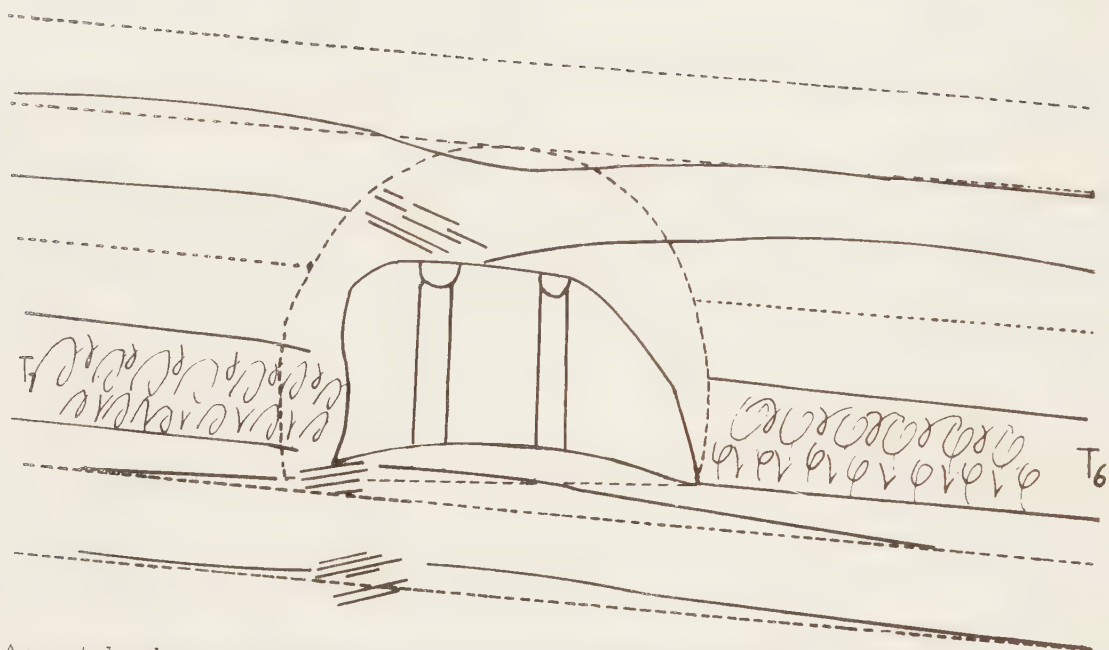


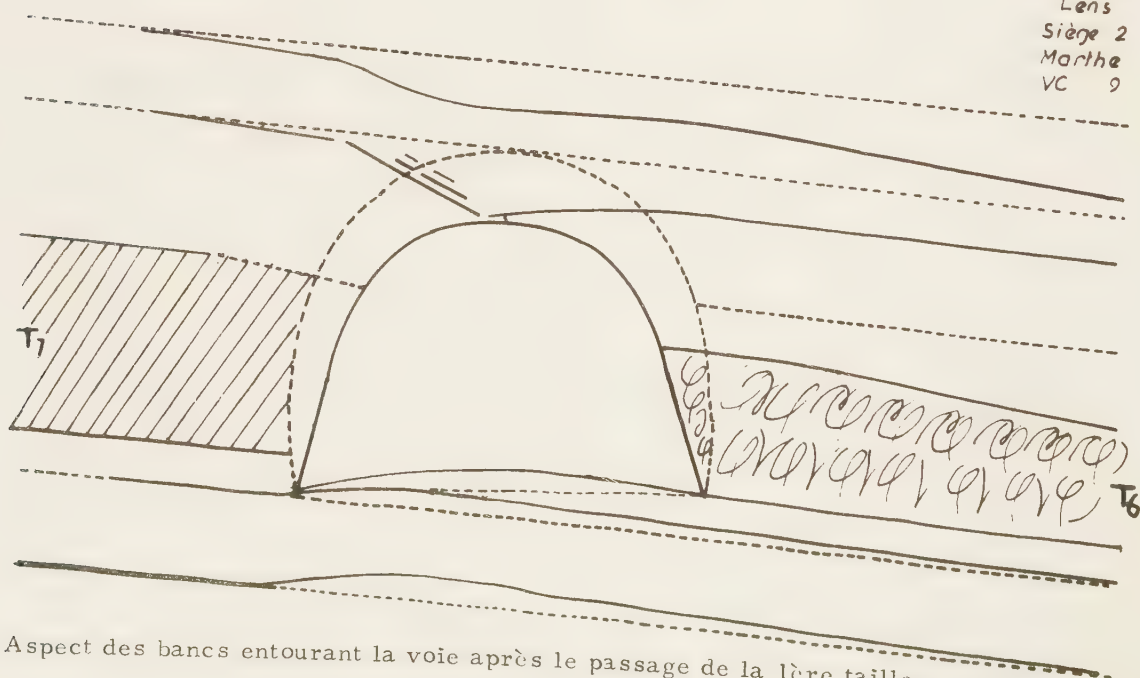
Figure 55

HBNPC
 Lens
 Siège 2
 Marthe
 VC 9



Aspect des bancs entourant la voie après le passage de la 2ème taille

H.B.N.P.C.
 Lens
 Siège 2
 Marthe
 VC 9

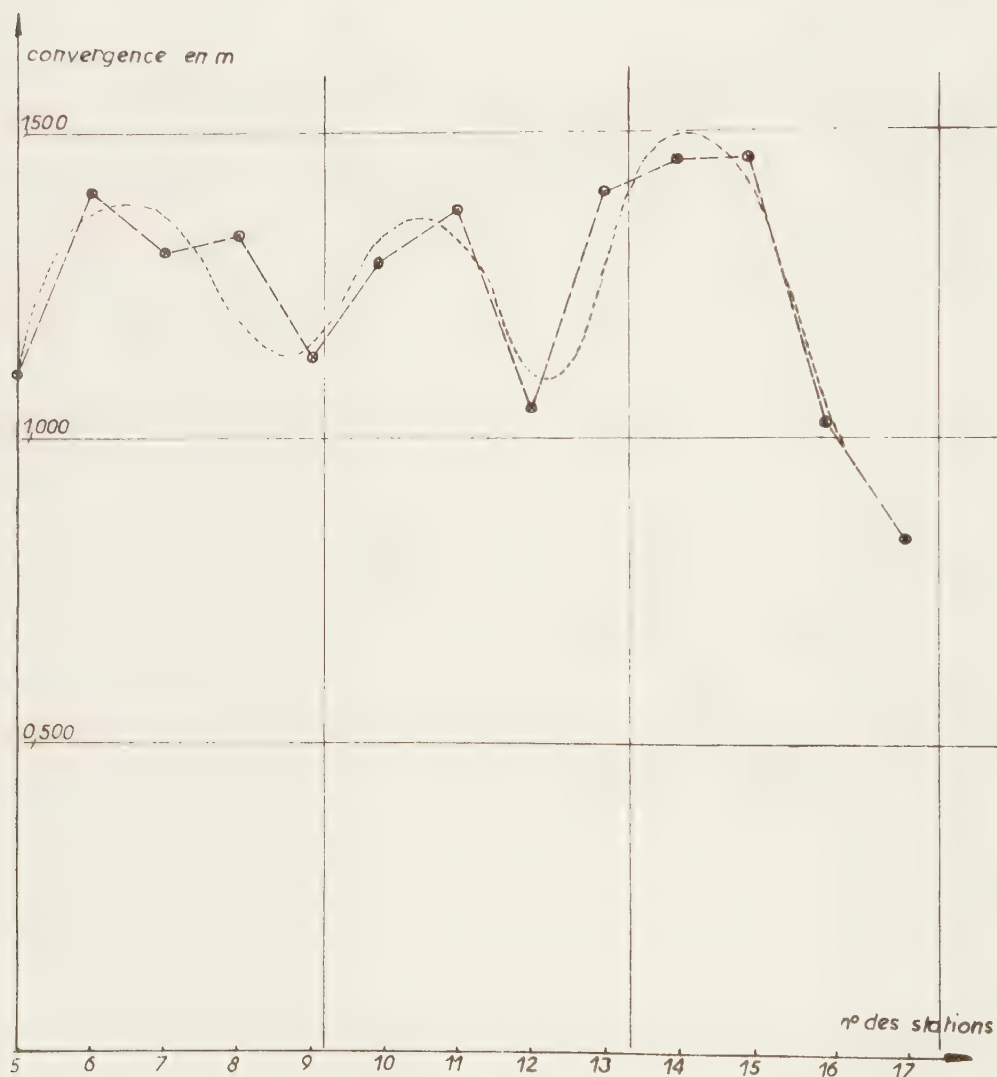


Aspect des bancs entourant la voie après le passage de la 1ère taille

H. B. L.
LA HOUE
EM-NO. 500
doublet AA'

DISTRIBUTION DU PARAMÈTRE C_{-30}^{+150}

LE LONG DE LA VOÏE



PROFILS DU TOIT

H.A.N.P.C.
Lens.
Siege 2
Marthe
VC 9
doublets CI

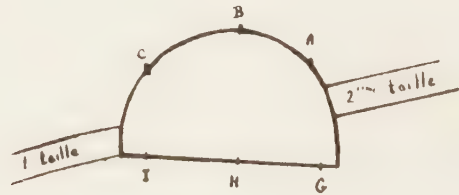
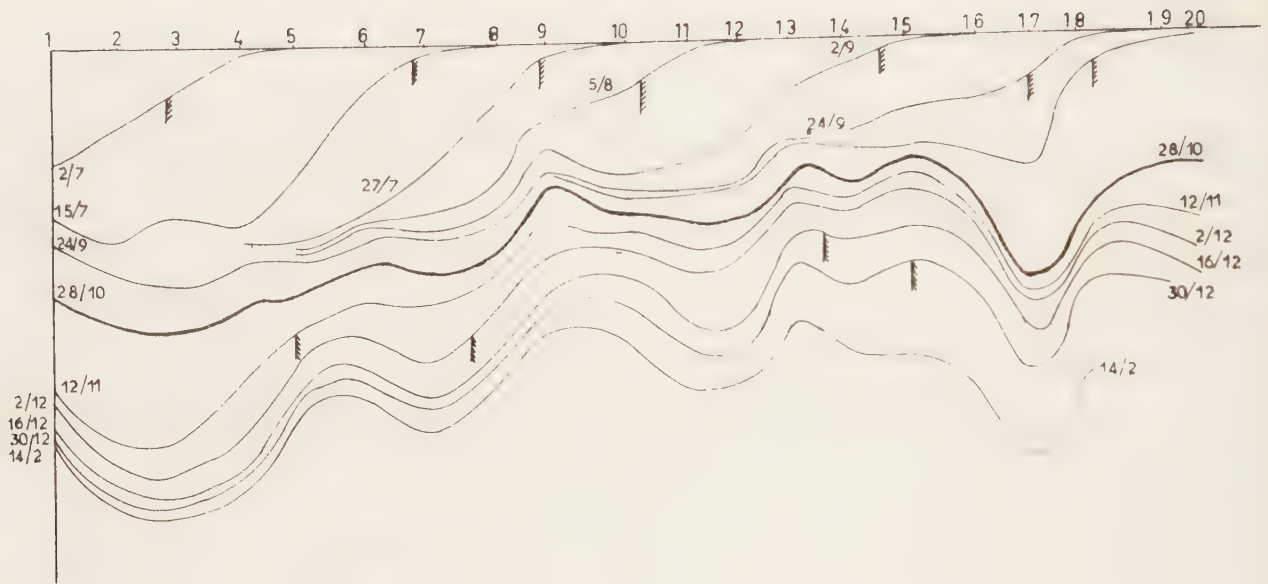


Figure 58

PROFILS DU TOIT

H. B. N. P. C.
 Lens
 Siège 2
 Marthe
 VC 9
 doublets AG

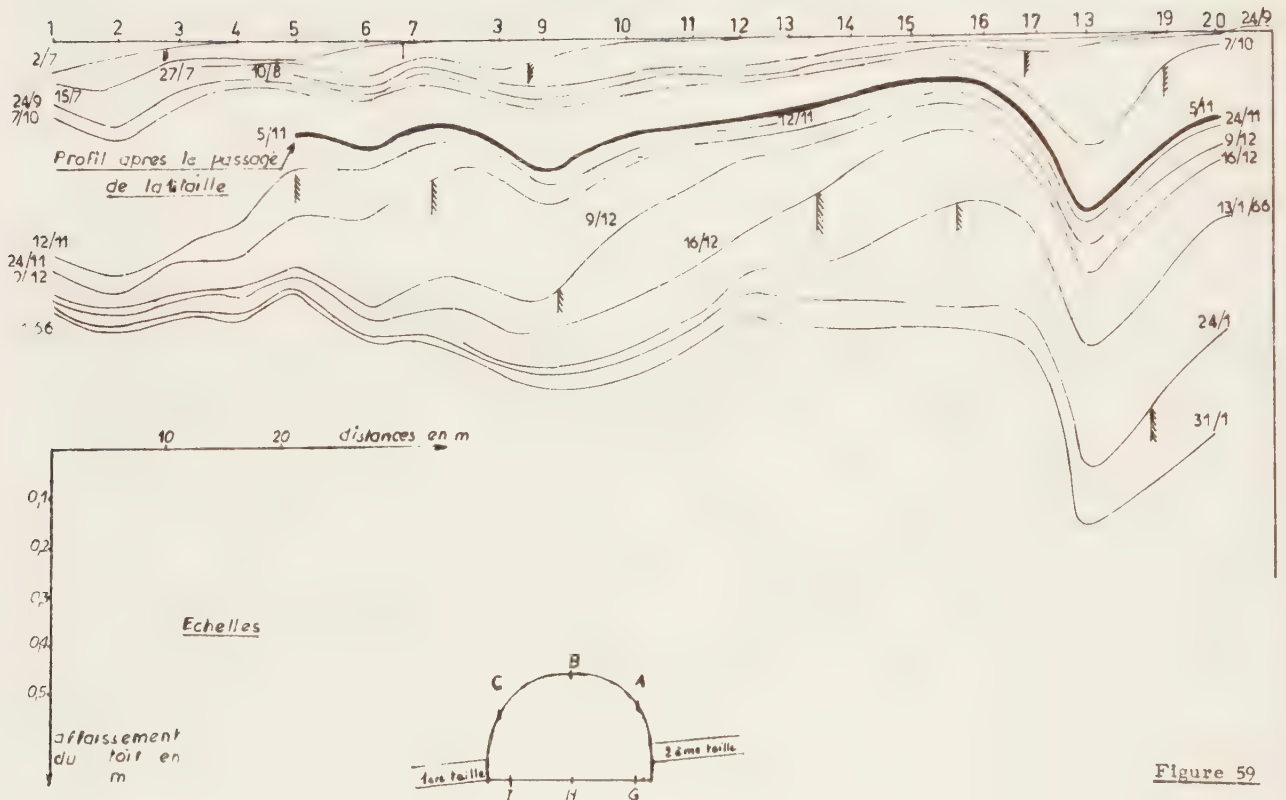


Figure 59

PROFILS DE CONVERGENCE

HBNPC
Liénin-Liétard
Sieg 21 nord
Josephine
KVC 124
doublets Cf

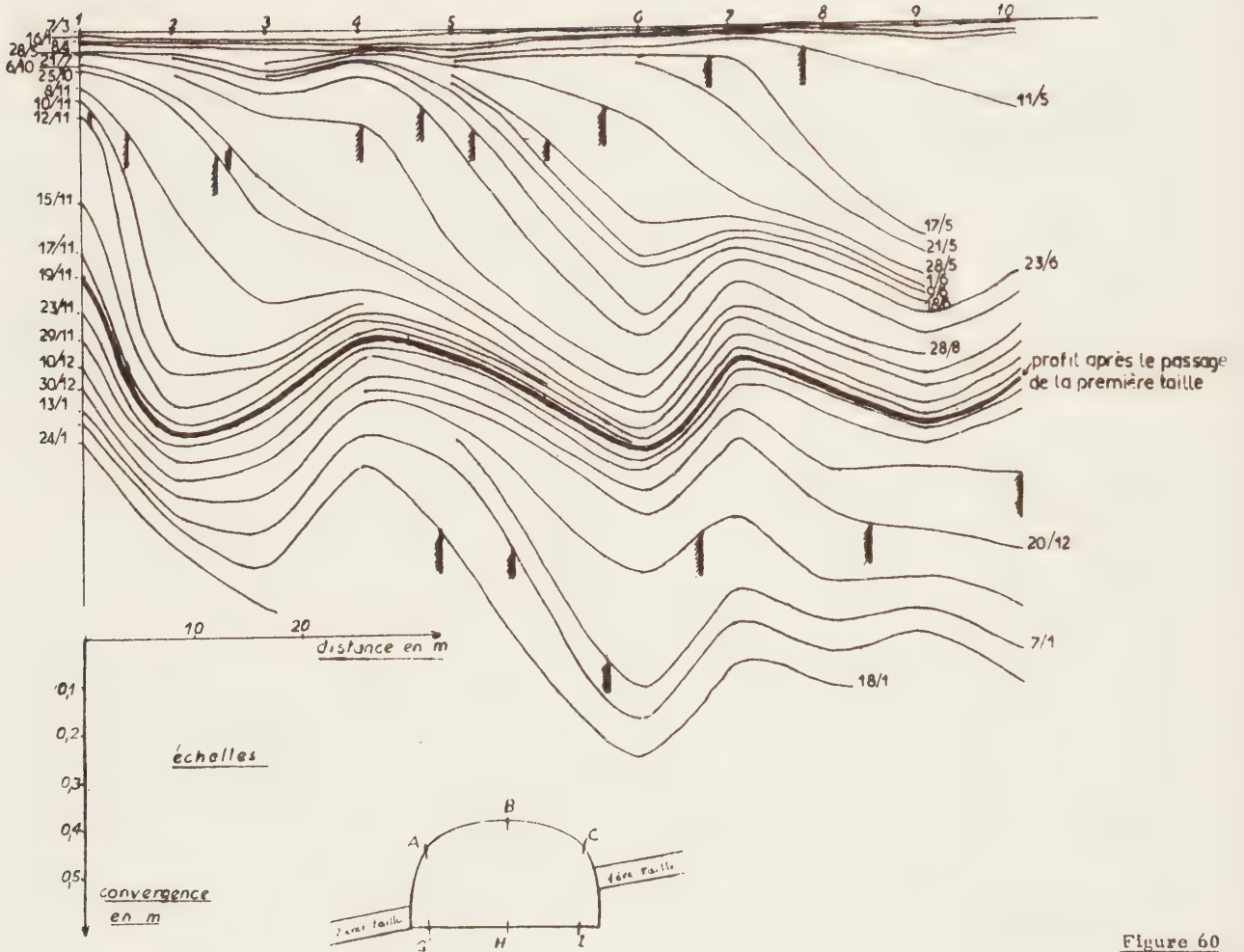


Figure 60

PROFILS DE CONVERGENCE

H.B.N.P.C.
Hénin-Liétard
Siege 21 nord
Josephine
KVC 124
doubles AG

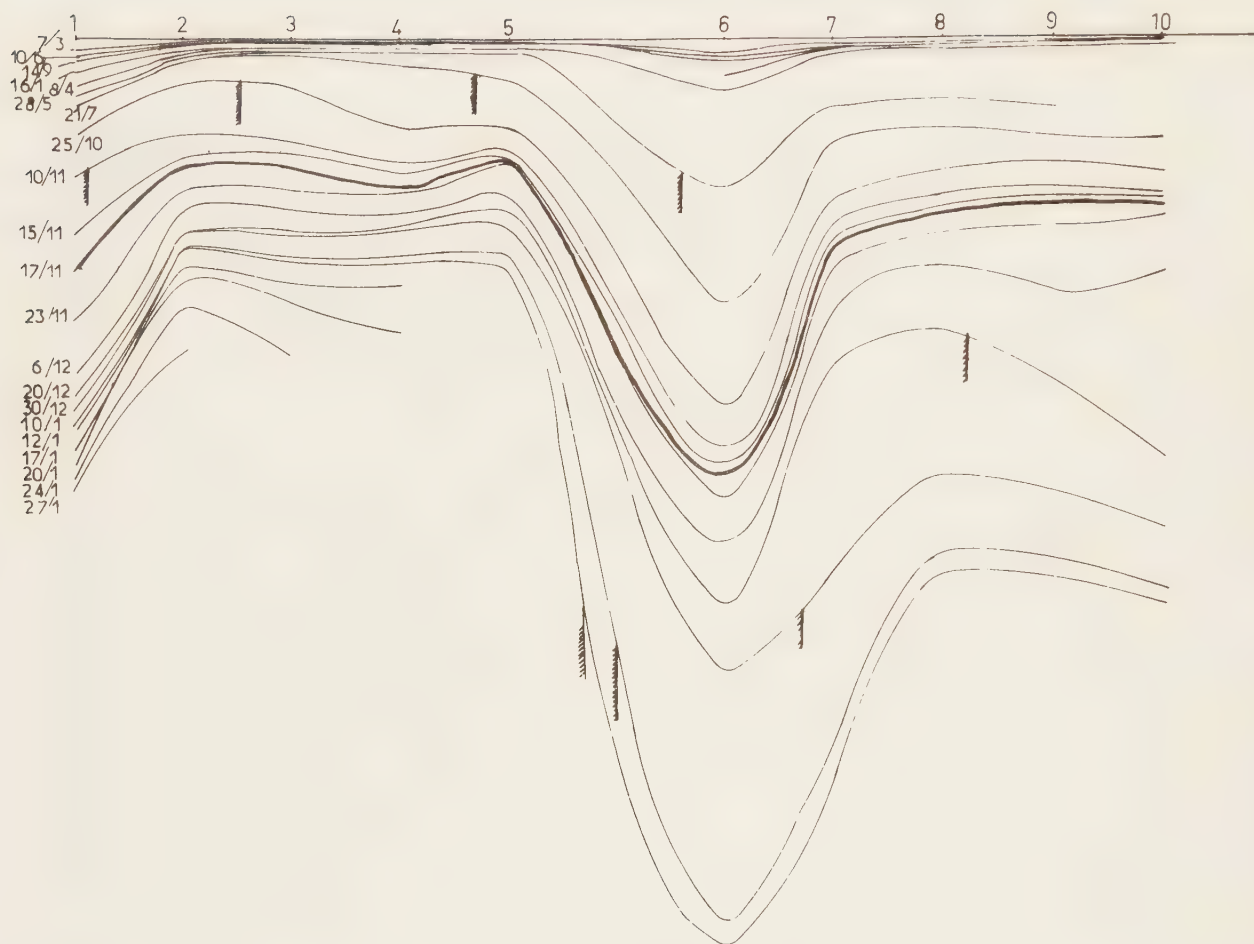


Figure 61

H.B.N.P.C.
GIGNIES
siège 7
17 Couchant
doublets cc'

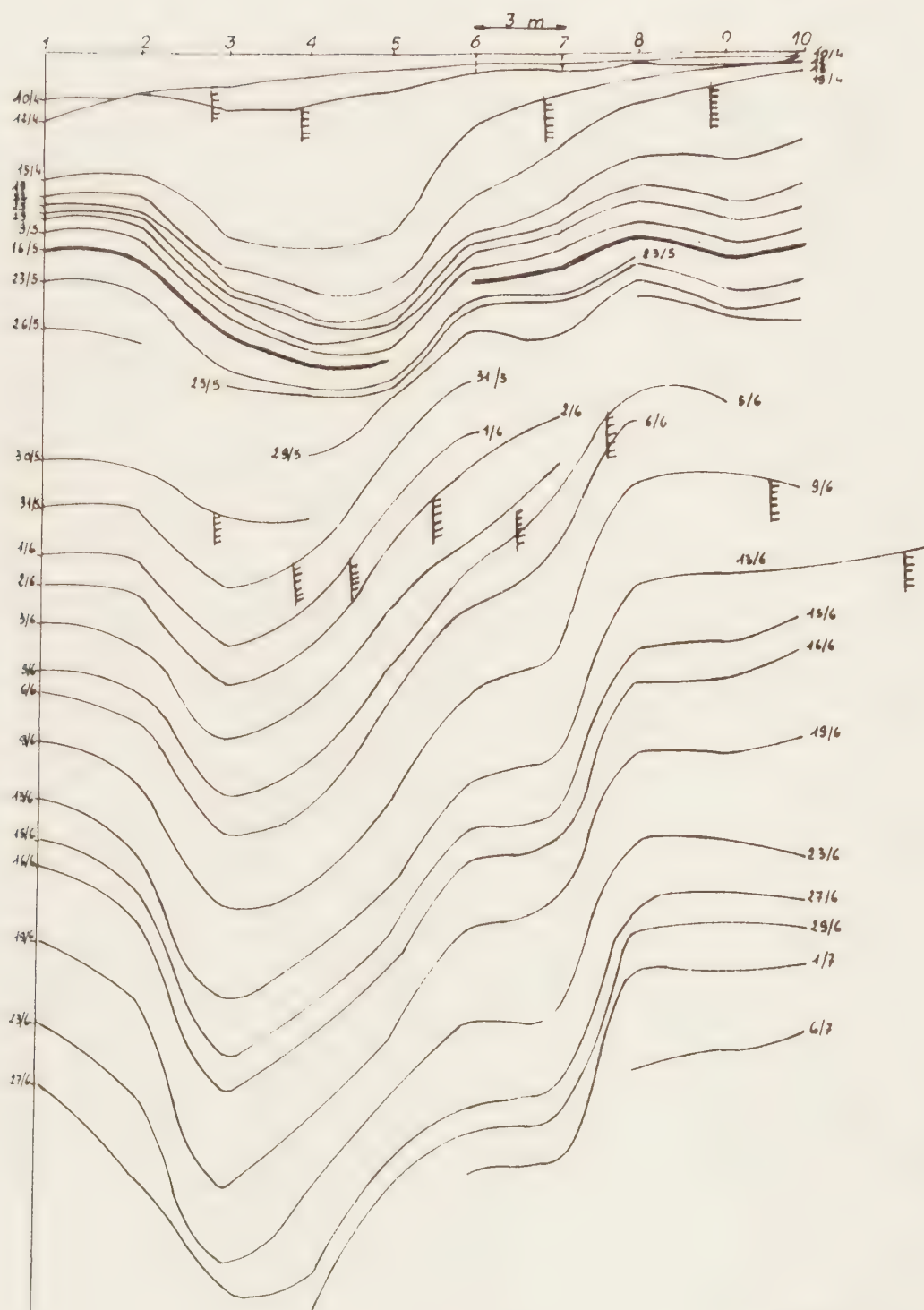


Figure 62

PROFILS DE CONVERGENCE

H.B.N.P.C.
GIGNIES
Siège 7
17 Couchant
doublets AA'

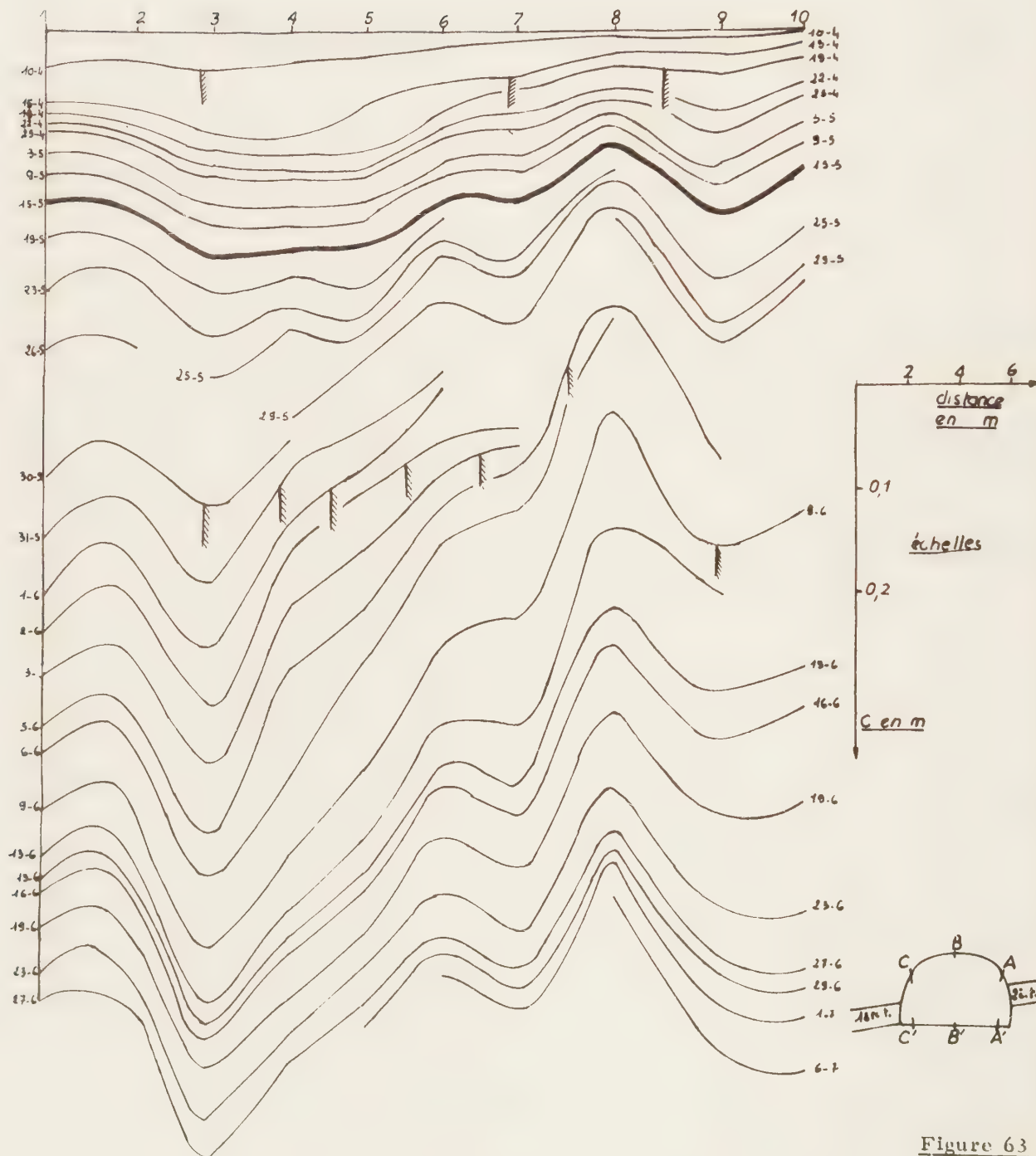


Figure 63

COMPARAISON DU PROFIL DES OUVERTURES ET DES PROFILS
DE MONTEE DU MUR SUR LES CÔTES DE LA VOIE

H.B.N.P.C.
Lens
Siège 2
Murthe
VC 9

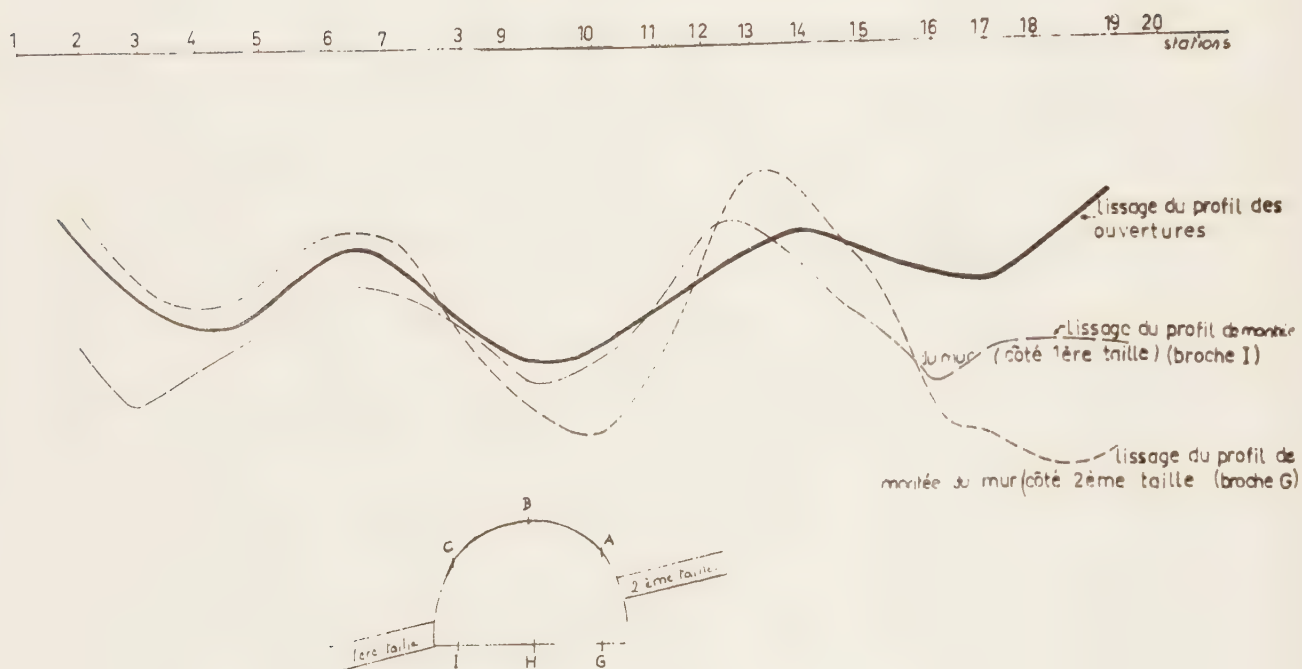
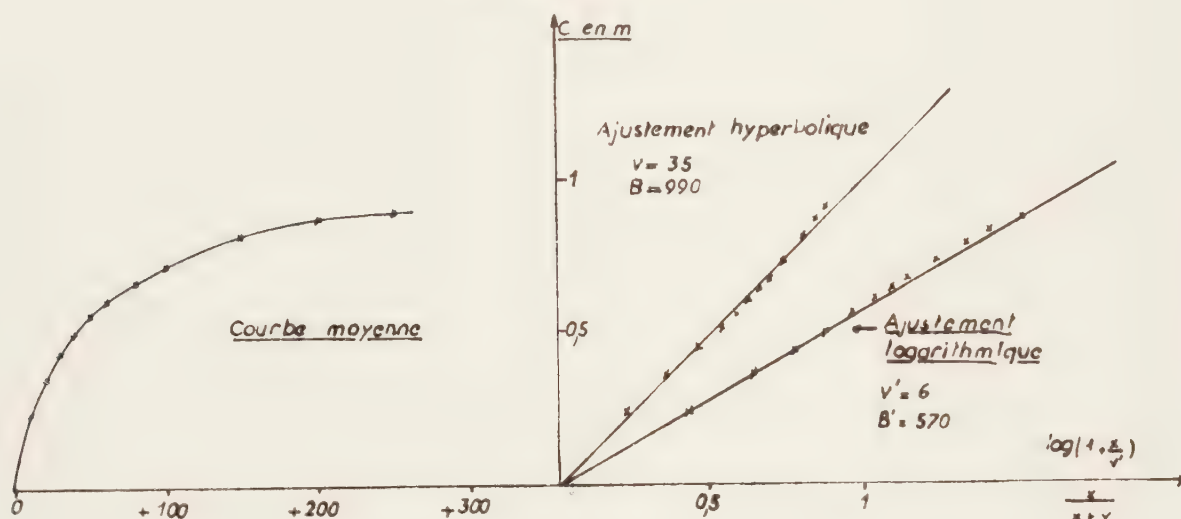


Figure 64

AJUSTEMENT DES PHASES AVANT et APRES PASSAGE

H.B.L.
La Houve
E-M
NO 500

APRES-PASSAGE



AVANT-PASSAGE

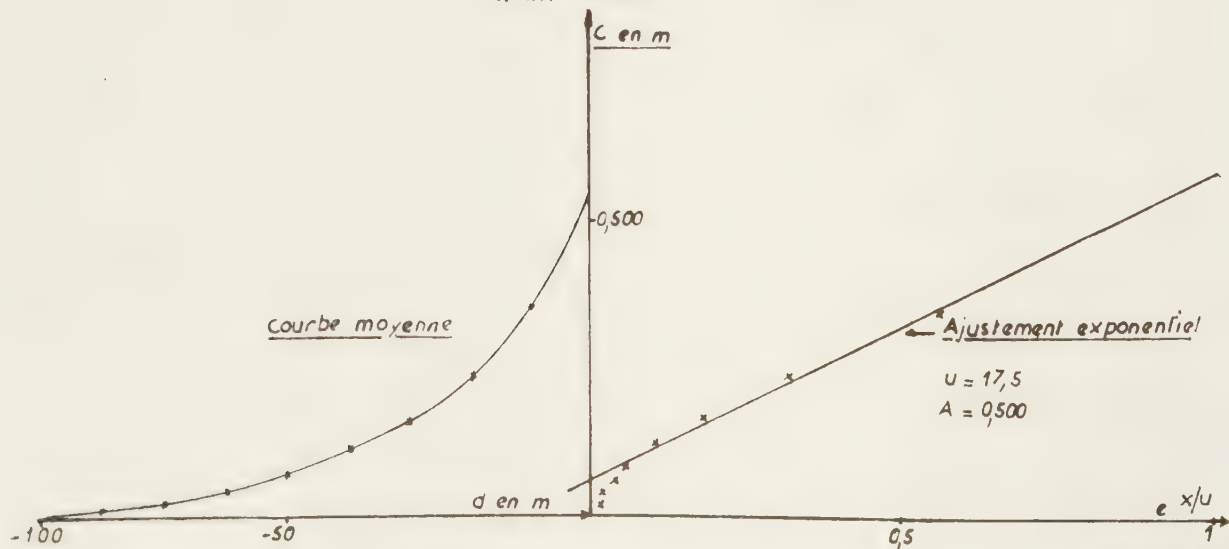


Figure 65

AJUSTEMENT DE LA PHASE AVANT-PASSAGE

H, B. L.
La Houve
E-M
SO - 385

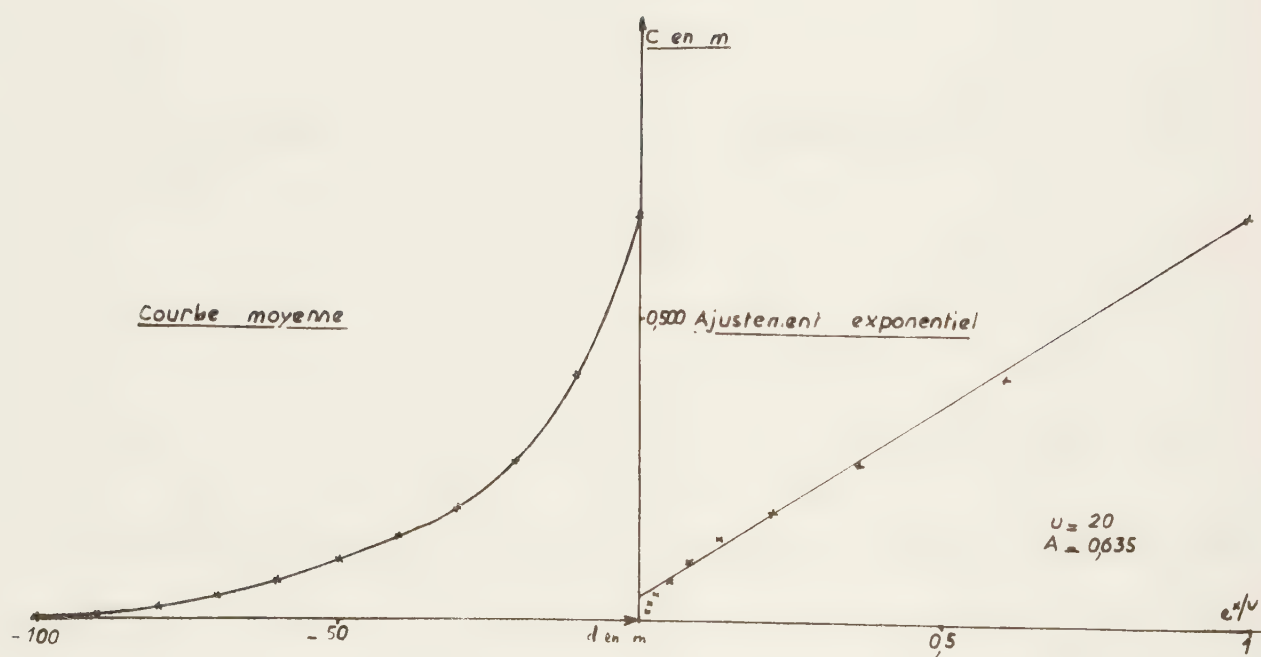


Figure 66

AJUSTEMENT DE LA PHASE AVANT-PASSAGE

H. B. L.
La Houve
E - M
NE - 475

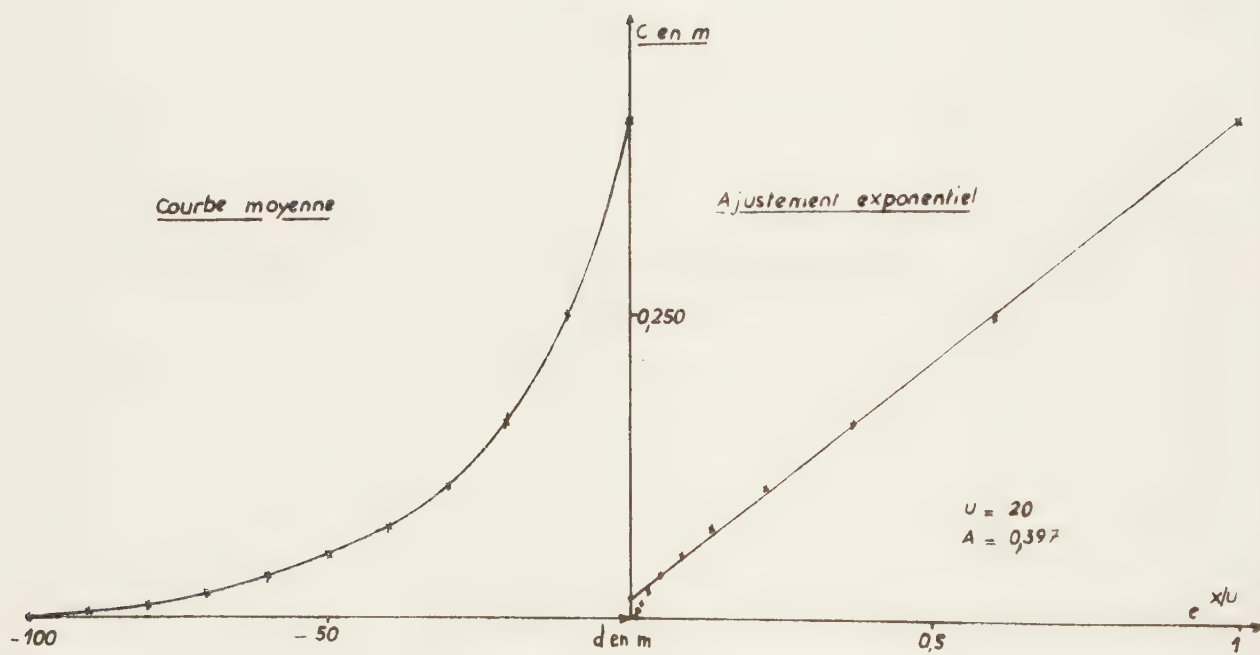


Figure 67

AJUSTEMENT DE LA PHASE AVANT-PASSAGE

H.B.L.
La Houve
F-M
NE 275

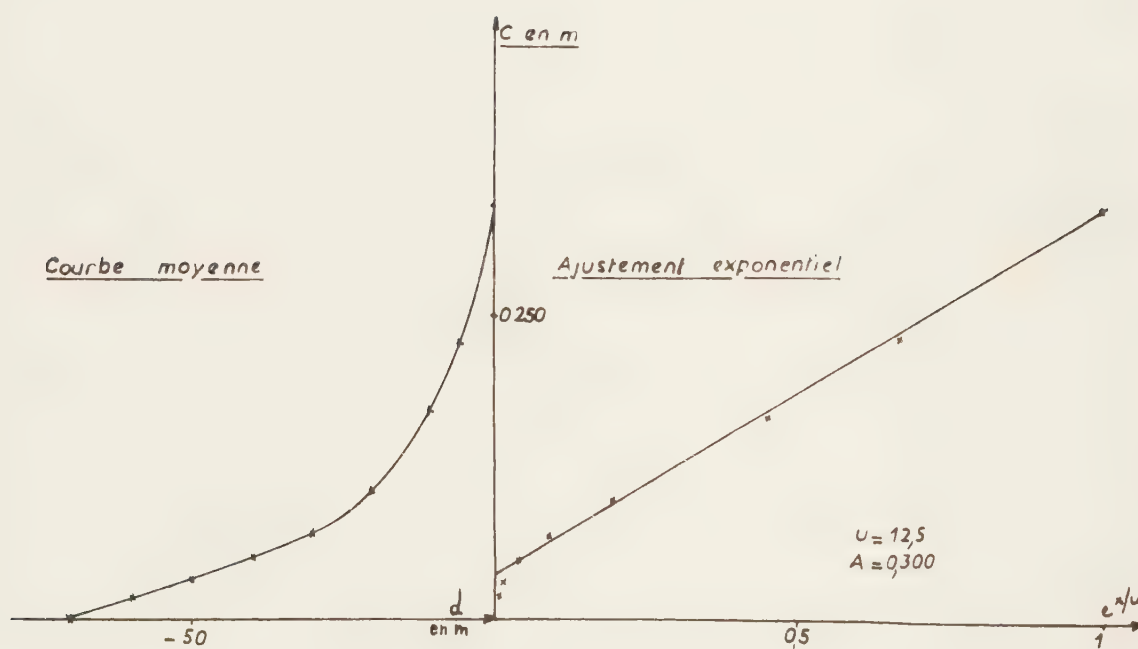


Figure 68

AJUSTEMENT DES PHASES AVANT ET APRES PASSAGE

H.B.N.P.C.
Hénin-Liétard
21 Nord
Josephine
KVC 124

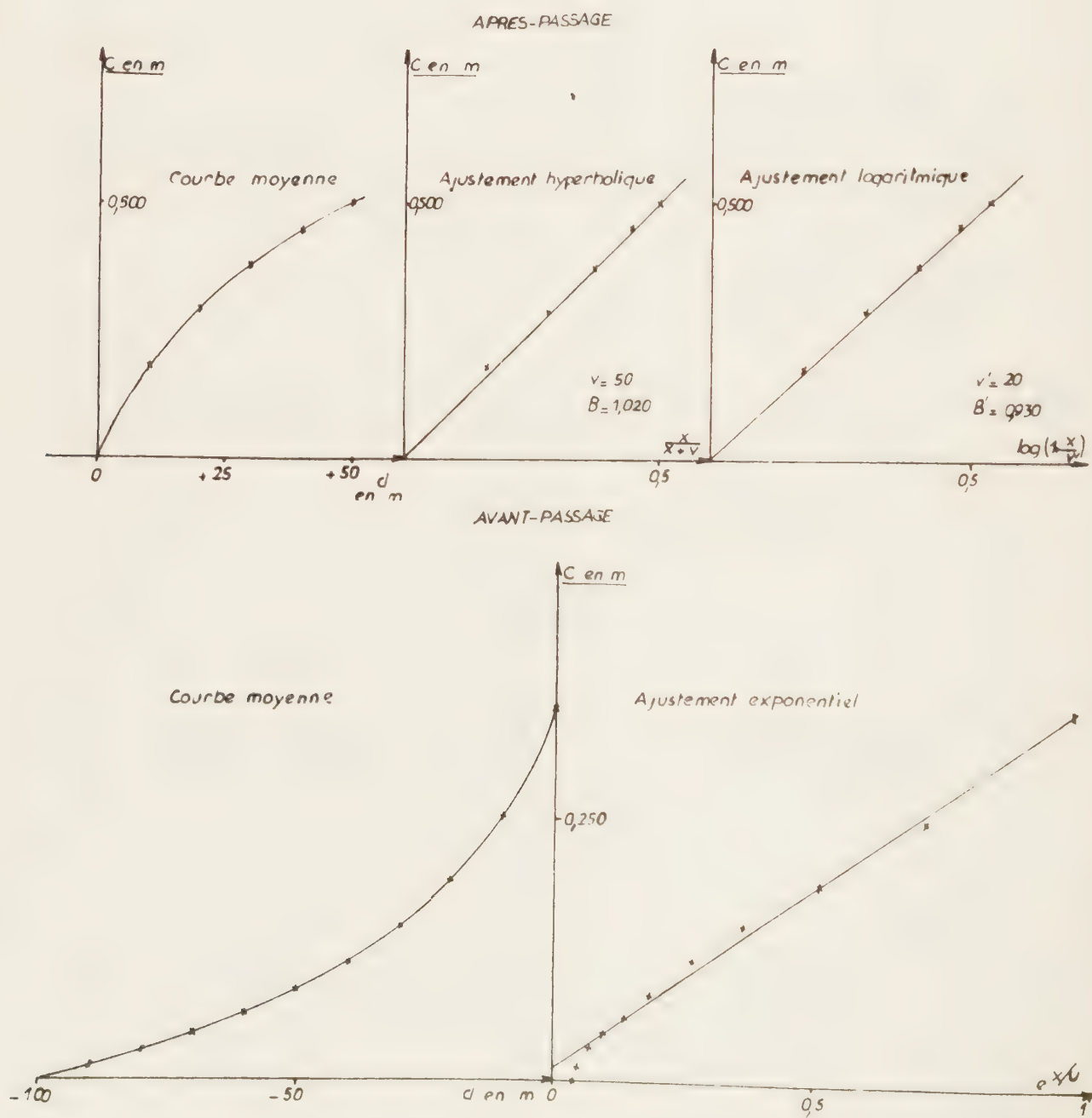


Figure 69

AJUSTEMENT DES PHASES AVANT ET APRES PASSAGE

14.B.N.P.C.
Gignies
Siège 7
17 couch.

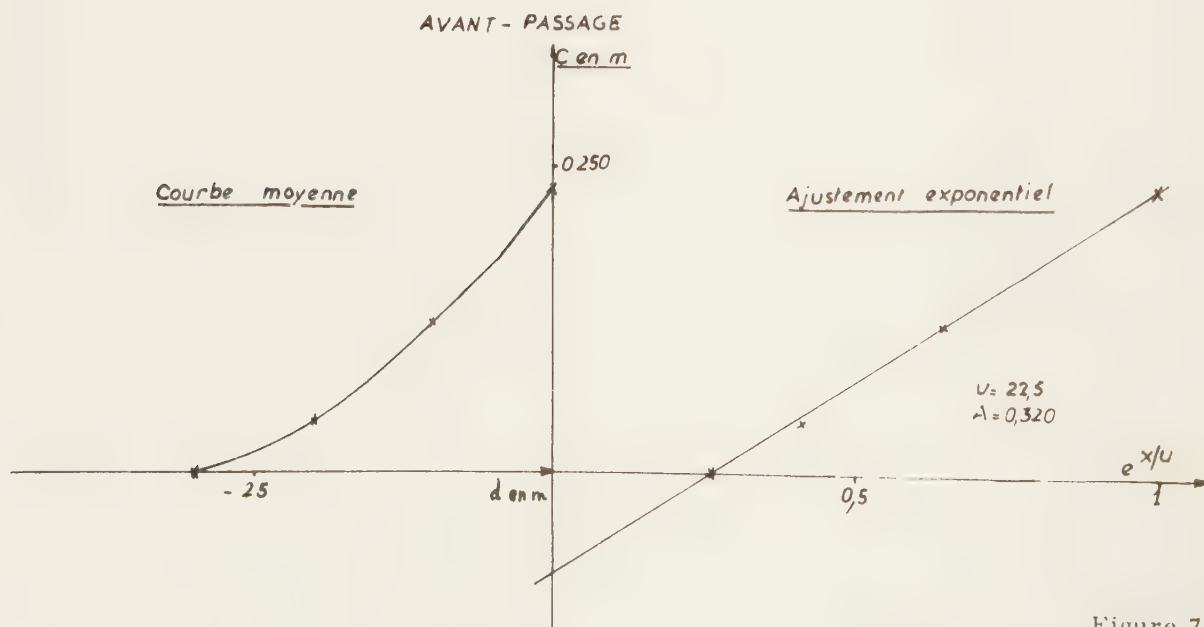
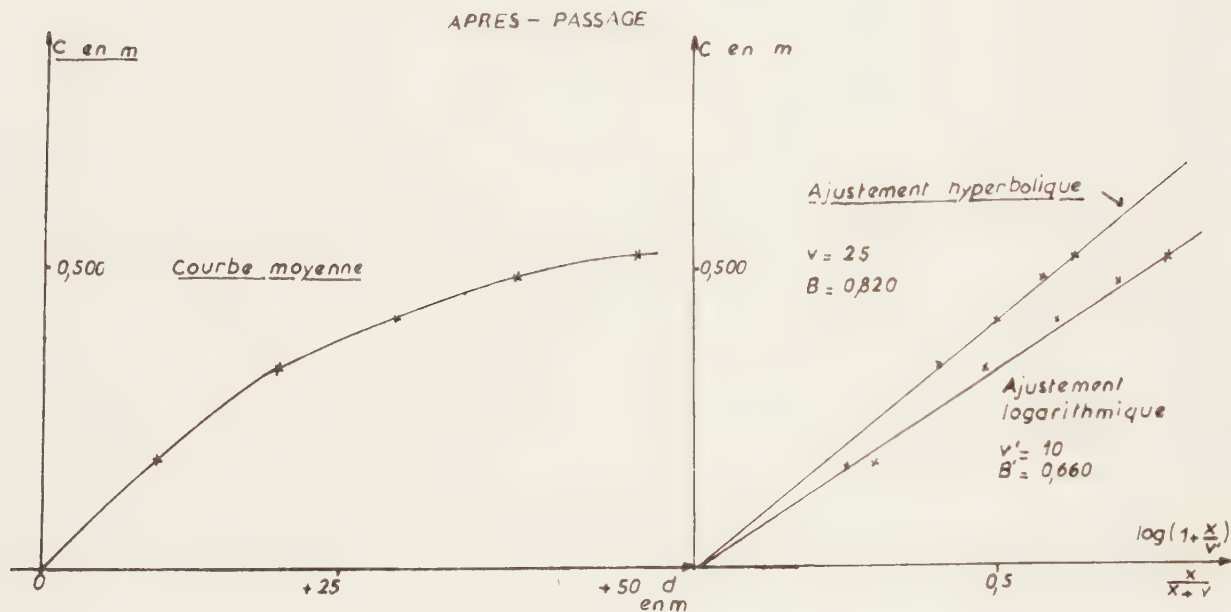


Figure 70

AJUSTEMENT DE LA PHASE AVANT-PASSAGE

H.B.N.P.C.
Lievin
Sieg 6
Pauline
VC 20

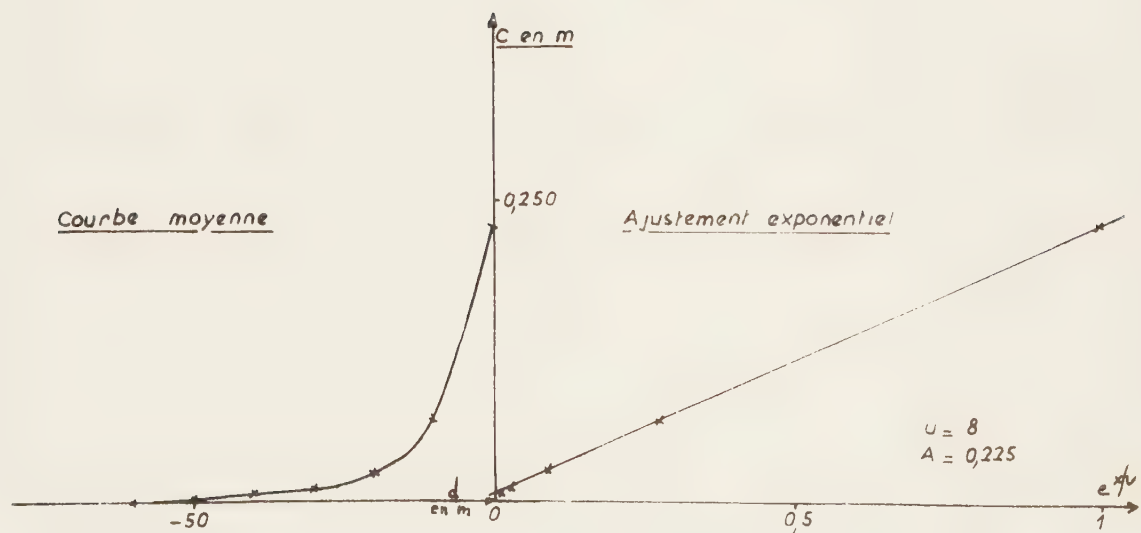
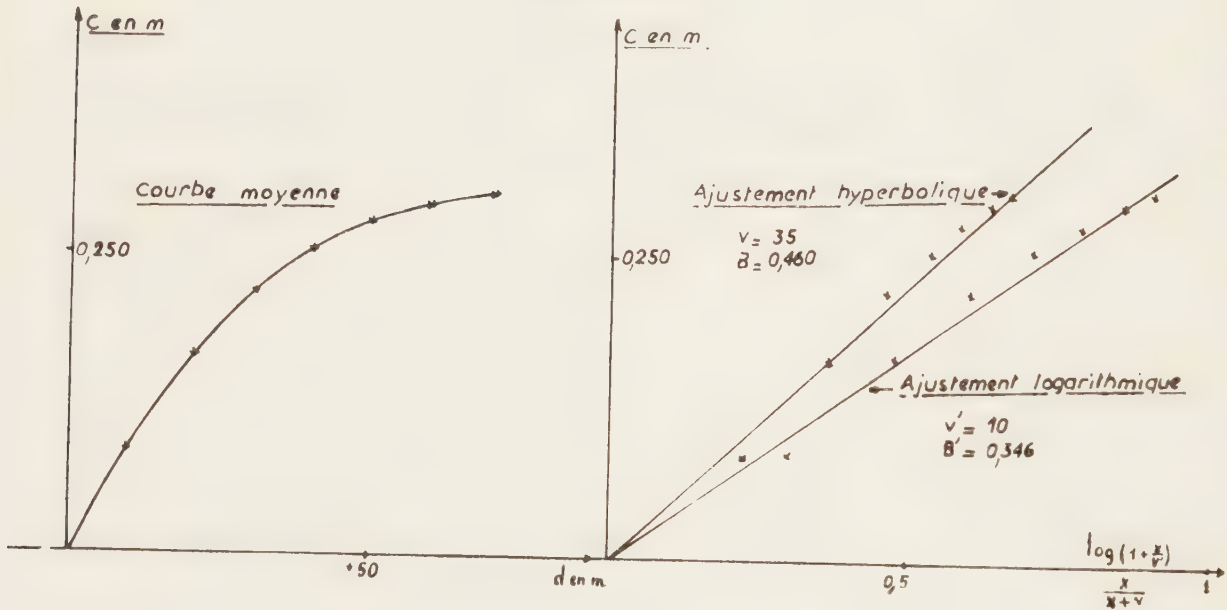


Figure 71

AJUSTEMENT DES PHASES AVANT ET APRES PASSAGE

H.B.N.P.C.
 Lens
 Siège 4
 Emilie
 VC 1b

APRÈS - PASSAGE



AVANT - PASSAGE

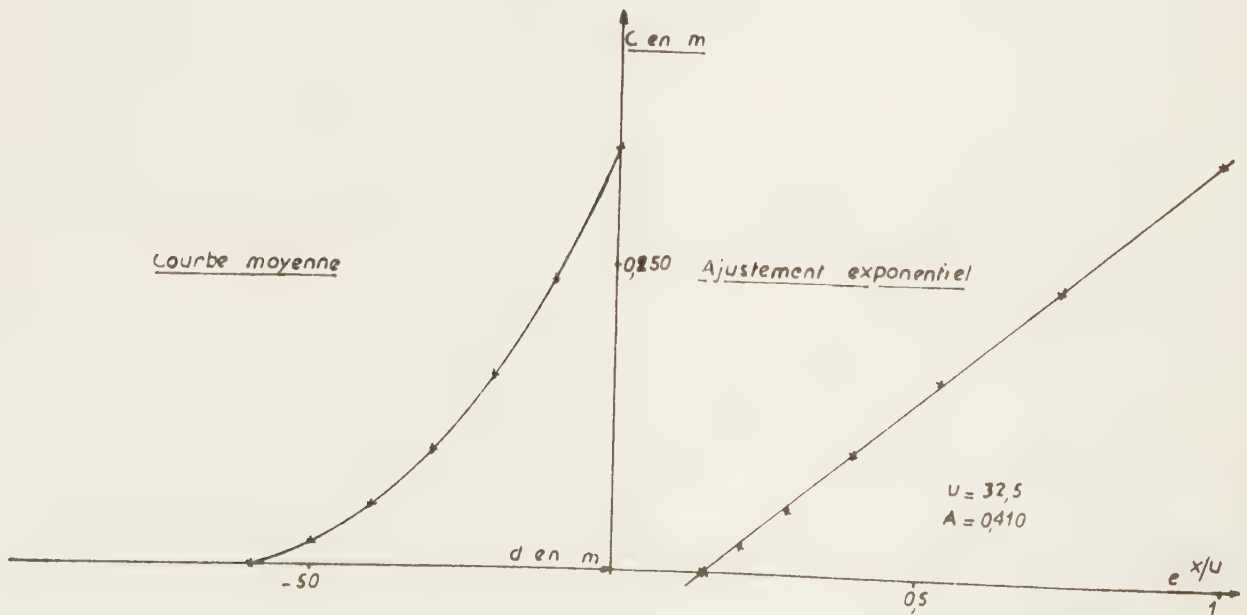
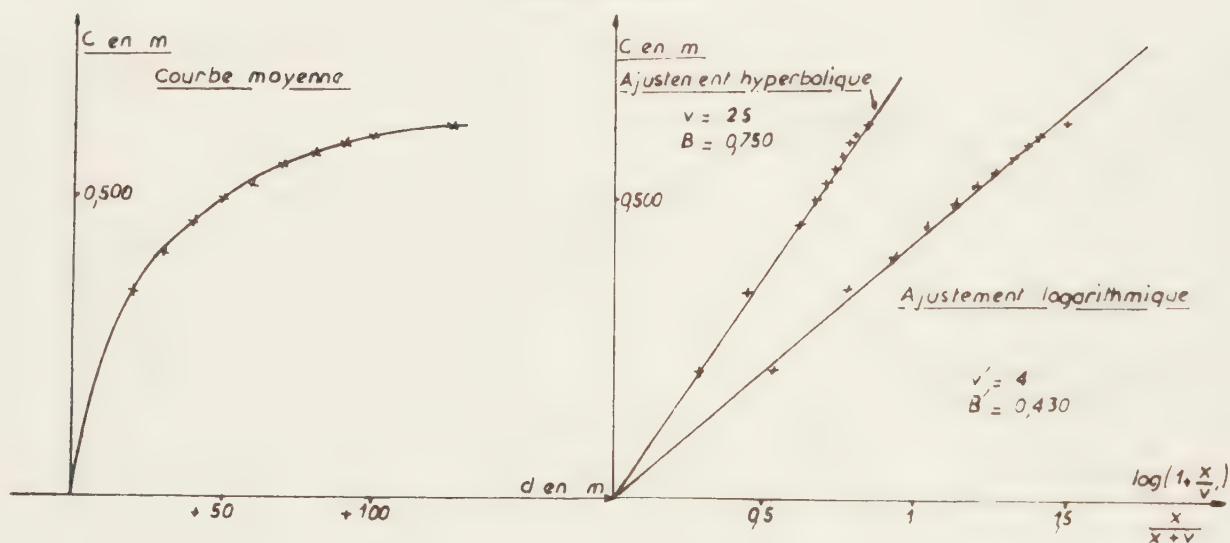


Figure 72

AJUSTEMENT DES PHASES AVANT ET APRES PASSAGE

H. B. N. P. C.
 Lens
 Siège 2
 Emilie
 VC 2

APRES - PASSAGE



AVANT - PASSAGE

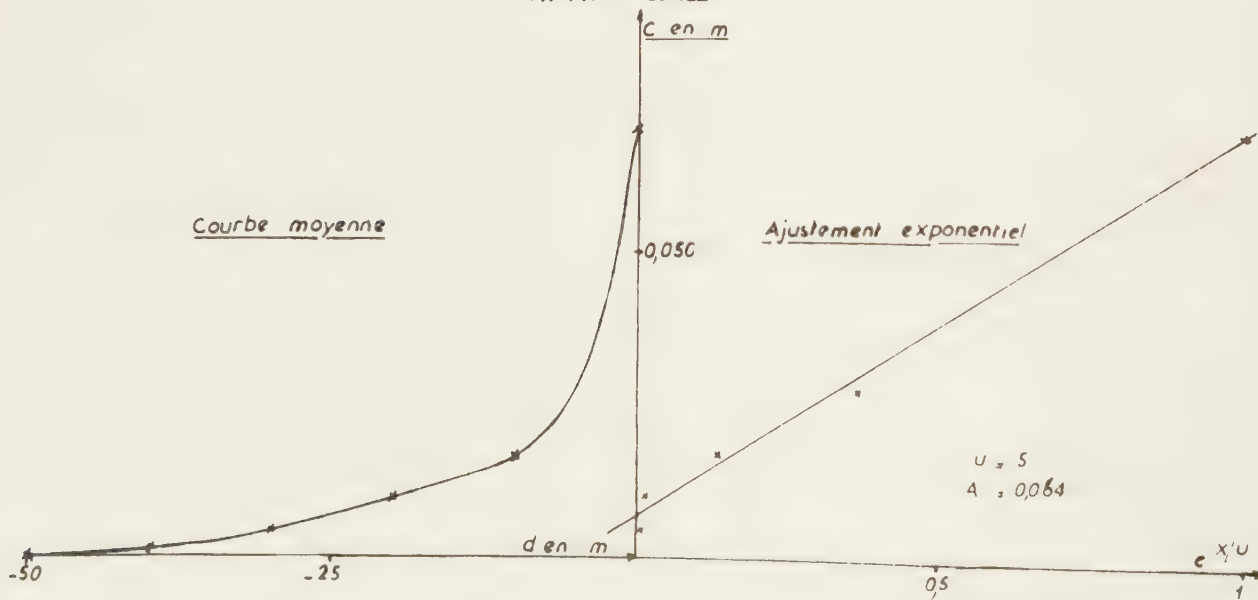
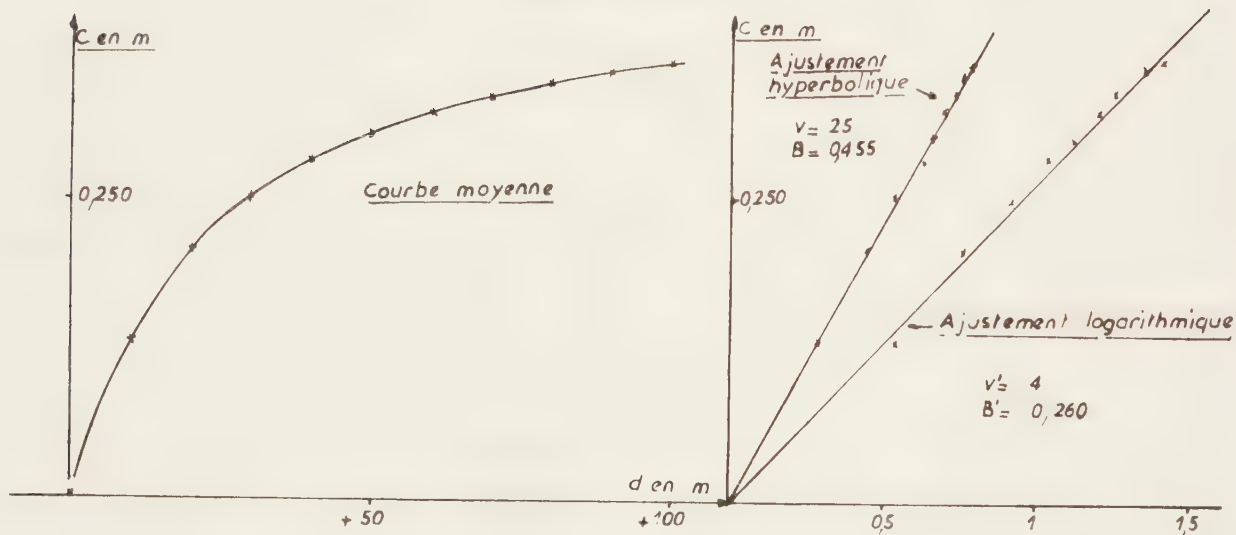


Figure 73

AJUSTEMENT DES PHASES AVANT ET APRES PASSAGE

HBNPC
 Lens
 Siège 2
 Martha
 VC 9

APRES - PASSAGE



AVANT - PASSAGE

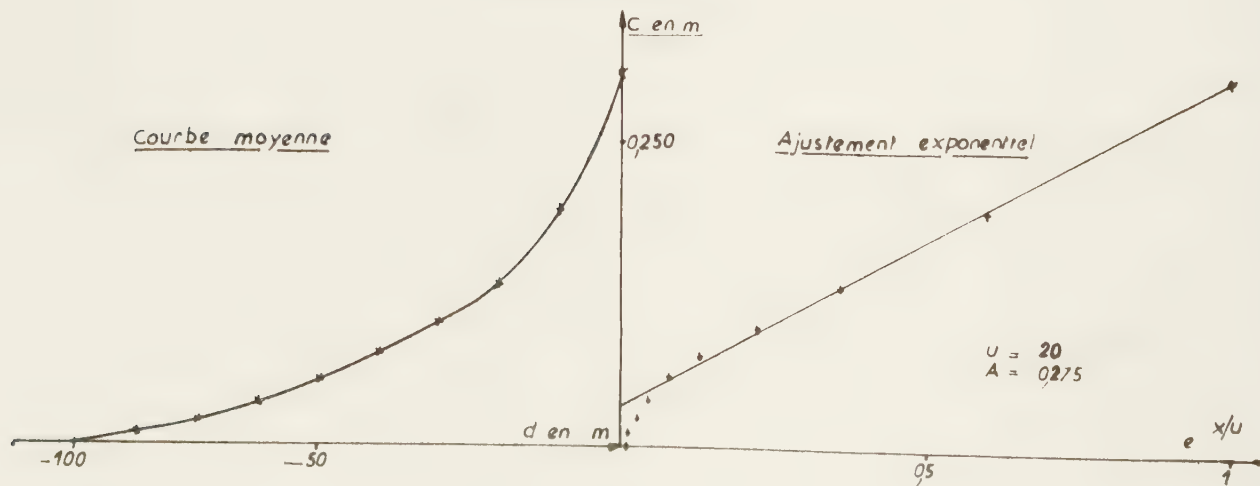
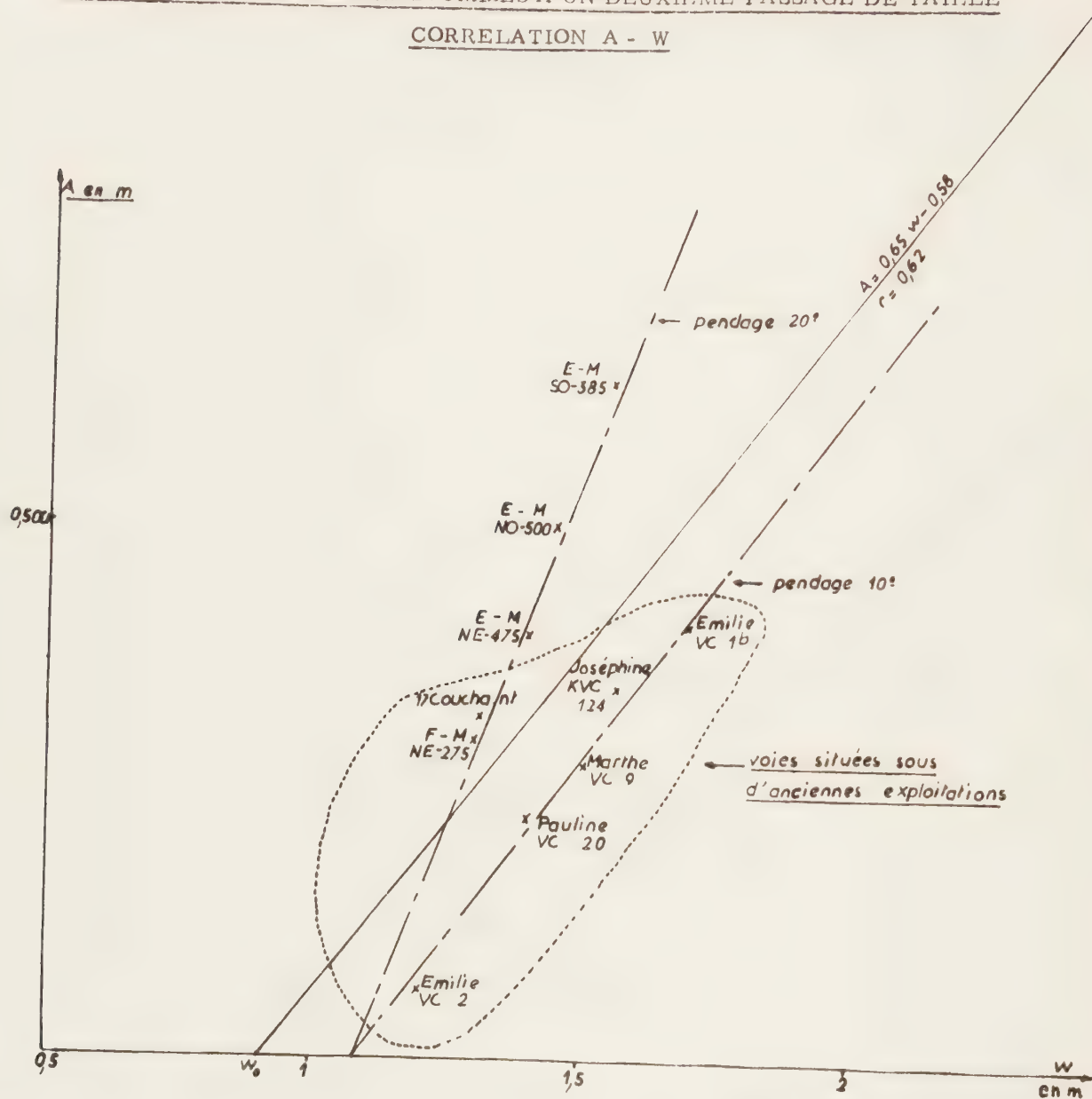


Figure 74

AVANT-PASSAGE DES VOIES SOUMISES A UN DEUXIEME PASSAGE DE TAILLE
CORRELATION A - W

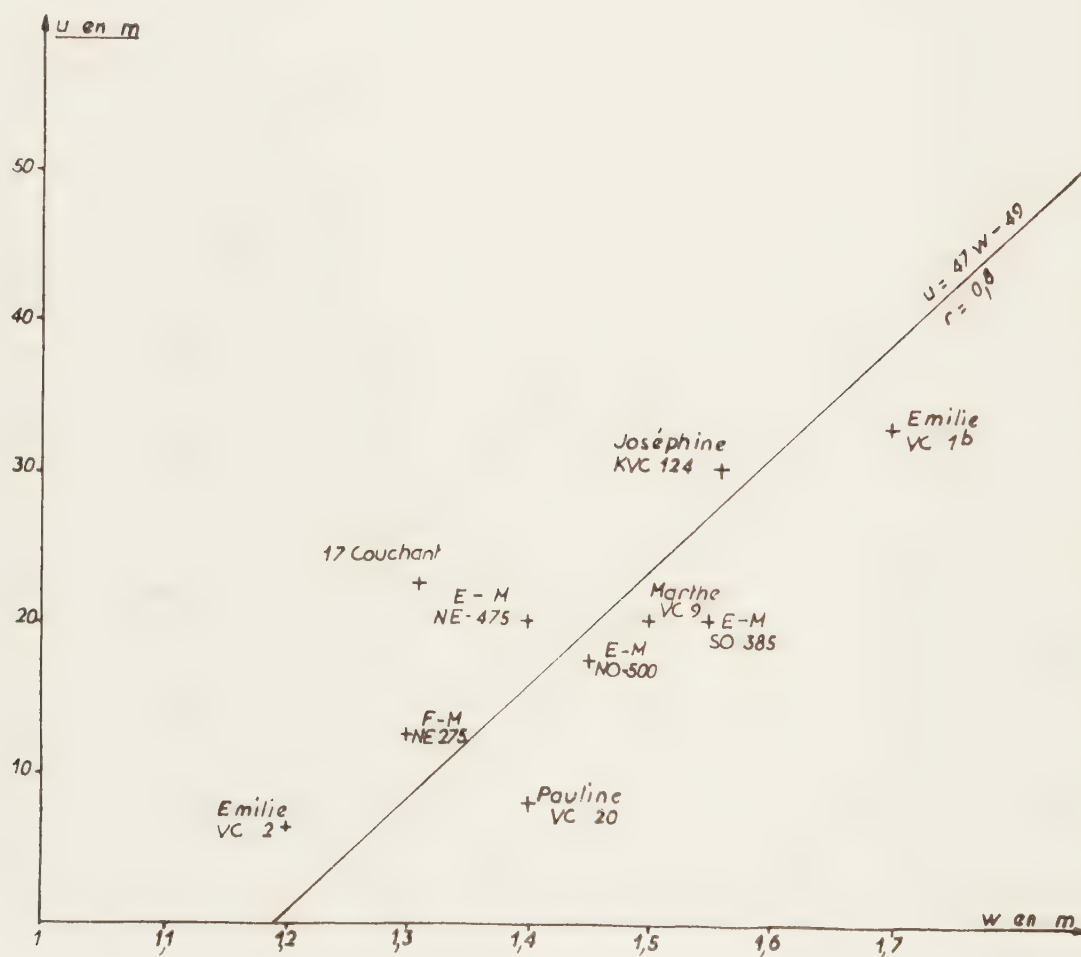


A : paramètre d'un ajustement de la forme $A e^{d/u}$

W : ouverture exploitée

Figure 75

AVANT PASSAGE DES VOIES SOUMISES A UN DEUXIEME PASSAGE DE TAILLE
CORRELATION u - W



u : paramètre d'un ajustement de la forme $A c^{d/m}$
W : ouverture exploitée

Figure 76

RECHERCHE D'AJUSTEMENT HYPERBOLIQUE
POUR L'APRES-PASSAGE

H. B. N. R. C.
Lens
Siège 2
Marthe
VC 9

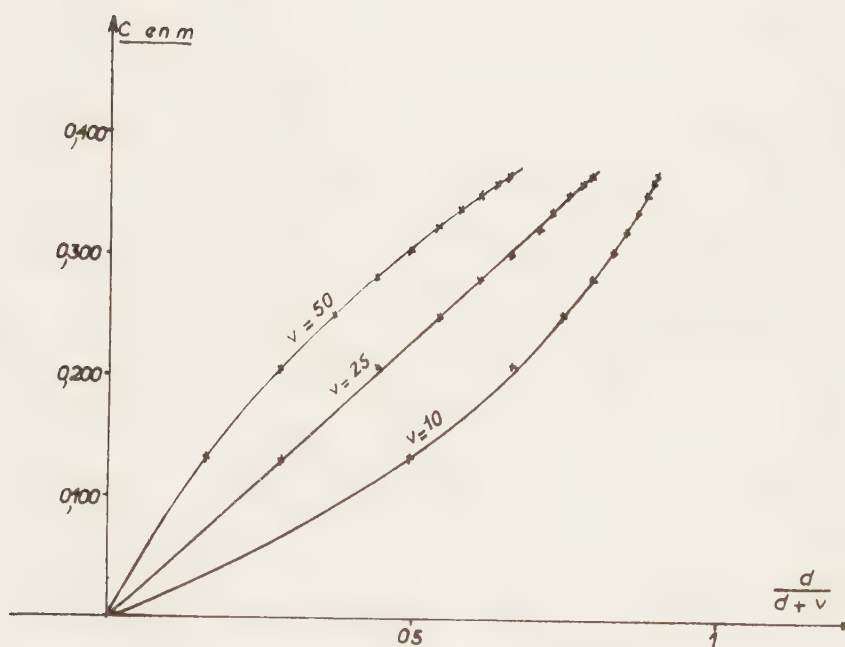


Figure 77

APRES-PASSAGE DES VOIES SOUMISES A UN DEUXIEME PASSAGE DE TAILLE

CORRELATION B - qw



B : paramètre d'un ajustement de la forme $c = \frac{B d}{d+v}$
 q : coefficient de remblayage
 w : ouverture exploitée

Figure 78

APRES-PASSAGE DES VOIES SOUMISES A UN DEUXIEME PASSAGE DE TAILLE

CORRELATION $v - w$

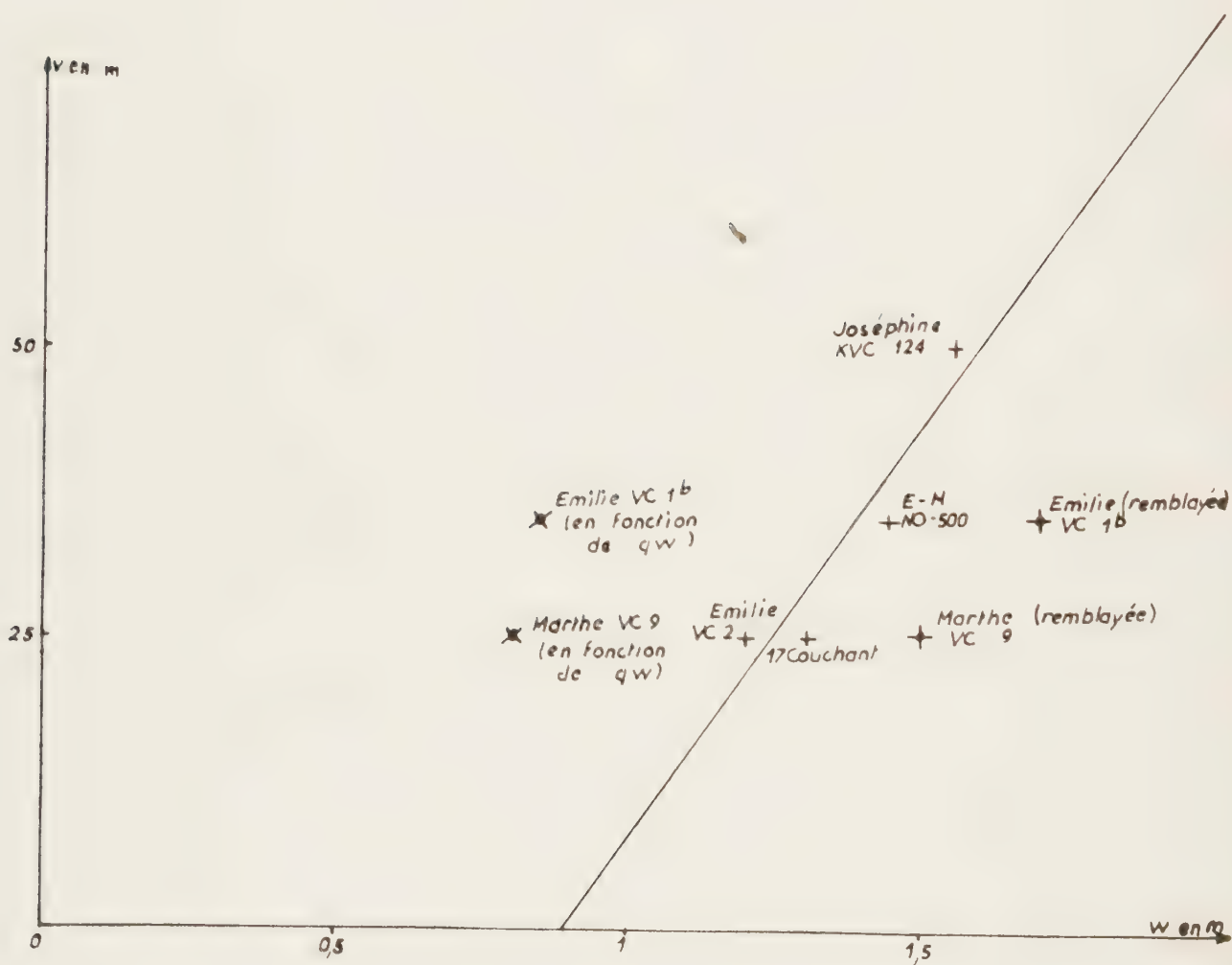


Figure 79

